

Trag- und Verformungsverhalten des historischen Bahrmühlenviaduktes

(Untersuchungen mit der Finite-Elemente-Methode)

von
Peter Bodendiek
aus Braunschweig

2007

Trag- und Verformungsverhalten des historischen Bahrmühlenviaduktes

(Untersuchungen mit der Finite-Elemente-Methode)

von

Peter Bodendiek
aus Braunschweig

2007

Von der Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig zur Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Dissertation

Eingereicht am: 06.10.2005

Mündliche Prüfung am: 12.05.2006

- 1. Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Horst Falkner
- 2. Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Fengler
- 3. Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. M. Kessel

Vorwort

Die Arbeit ist während meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (iBMB) entstanden. Einen besonderen Dank möchte ich meinem Doktorvater, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.H. Horst Falkner, aussprechen für die gewährten Freiheiten zur Fertigstellung dieser Arbeit und insbesondere für seine unermüdlichen Versuche mich zu promovieren. Herrn Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Fengler danke ich für die Übernahme des Mitberichts und das große Interesse an meiner Arbeit. Weiterhin möchte ich mich bei ihm für seine Unterstützung bedanken. Danken möchte ich Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.H. F.S. Rostásy für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes. Mein Dank geht auch an meinen ehemaligen Abteilungsleiter Herrn Dr.-Ing. Siegfried Droese. Viele Gespräche um, am und über das Eisenbahnviadukt mit ihm waren erforderlich, um die Idee für diese Arbeit reifen zu lassen. Viele seiner Anregungen und Gedanken sind in die Arbeit eingeflossen. An Herrn Dr.-Ing. Volker Henke geht mein Dank für die sehr akribische Durcharbeitung des Abgabe-Exemplars. Meinem Freund aus Hamburg Herrn Dr.-Ing. Thorsten Kuhlemann möchte ich danken für die erste Durchsicht des Manuskriptes. Manche S-Bahnfahrten werden für ihn, beladen mit einem ganzen Koffer voller Satzzeichen, wohl zu einem unvergesslichen Erlebnis geworden sein. Dank möchte ich auch meinem Kollegen Marco Wichers aussprechen, der selbst im Urlaub meine Texte durchgesehen hat. Weiterhin möchte ich meinem Kollegen Guido Steven danken, unsere Verbundenheit zu Eintracht Braunschweig machten viele Gespräche einfacher. Danken möchte ich auch meinem "Nachbarn" Dirk Sperling für viele Anregungen, die ich in die Arbeit einfließen lassen konnte. Meinem ehemaligen Hiwi Herrn Dr.-Ing. Timm Braasch möchte ich danken für die Durchsicht der "ersten Auflage". Einen weiteren Dank möchte ich noch meinem Freund Michael Rother aussprechen, der als Coach meinen Vortrag unermüdlich mit vorbereitet hat. Mein Dank geht auch an Helgard Walter-Freise, die meiner Arbeit den letzten schriftlichen Schliff gegeben hat. Dank sagen möchte ich auch den wissenschaftlichen Hilfskräften Jan-Phillip Hamdorf und Bernd Wagner. Für die Durchsicht der Arbeit möchte ich mich auch bei meiner zukünftigen Schwägerin Doreen Hoechel und unserer Sekretärin Frau Erika Johrden bedanken.

Nicht vergessen möchte ich auch unsere ehemalige Sekretärin Frau Hanni Keunecke, zu der ich während ihrer Dienstzeit ein freundschaftliches Verhältnis aufbauen konnte. Danken möchte ich ebenfalls meinen Kollegen am iBMB für das offene Betriebsklima und die Kooperativität.

Allen voran danke ich jedoch meiner Mutter Inge Bodendiek. Ich bin sehr froh, diese Arbeit fertiggestellt zu haben, in dem Wissen, dass diese Arbeit ohne ihren langjährigen Einsatz während meiner Ausbildung nicht möglich gewesen wäre. Ein großer Dank geht an meine zukünftige Frau Inka; sie hat mich bei allem stets unterstützt und hat großzügig über meine Macken hinweggesehen.

Kurzfassung

Im 19. Jahrhundert ist eine große Anzahl von Gewölbebrücken aus Mauerwerk erstellt worden. Eisenbahnviadukte wurden mit längs- und quergegliederten Aufbauten ohne Verfüllung der Gewölbe oder mit einer Verfüllung (Mauerwerk) der Gewölbe zwischen den Aufmauerungen erstellt. Über 100 dieser Bauwerke befinden sich in Deutschland auch heute noch unter Eisenbahnbetrieb. Größere Radsatzlasten und höhere Zuggeschwindigkeiten sowie Umbauten am Eisenbahn-Oberbau und am Viadukt selbst machen eine genaue Beurteilung des Ist-Zustandes und die Berechnung des Trag- und Verformungsverhaltens erforderlich.

Ziel der Arbeit ist die Entwicklung eines Modells zur wirklichkeitsnahen Berechnung des Trag- und Verformungsverhaltens von Eisenbahnviadukten aus historischem Mauerwerk. An einem ausgewählten Eisenbahnviadukt unter Betrieb, dem Bahrmühlenviadukt, wurde ein Modell der gesamten Brücke mit Volumenelementen für eine FE-Berechnung erstellt; dazu sind eigene Kennwerte für die Arbeitslinien der verschiedenen Mauerwerksarten des historischen Viaduktmauerwerks erarbeitet worden.

Am Beispiel des Bahrmühlenviaduktes wird gezeigt, dass Verformungen durch Umbaumaßnahmen am Viadukt per EDV mit geeigneten Materialgesetzen (Verifizierung der Materialgesetze durch Vergleichsberechnungen von Fremdversuchen) und unter Berücksichtigung der Tragfähigkeit der Aufmauerungen wirklichkeitsnah vorausgesagt werden können.

Mit dieser Arbeit ist ein Beitrag geschaffen, der einfache und komplexe Fragen der Standsicherheit und Gebrauchsfähigkeit von Eisenbahnviadukten im Betrieb beantworten kann. Einfachere Fragen hinsichtlich der Standsicherheit können schnell mit dem in der Arbeit beschriebenen 2D-Stabmodell beantwortet werden; komplexere Fragen des Trag- und Verformungsverhaltens des Viaduktes können mit dem in dieser Arbeit entwickelten 3D-FE-Modell bearbeitet werden. Die Ergebnisse ermöglichen eine wirklichkeitsnahe Einschätzung des Tragvermögens alter Mauerwerksviadukte und dienen damit dem Erhalt dieser beeindruckenden Bauwerke sowie der besseren Beherrschung dieser Bauweise.

B.	FORMELKURZZEICHEN UND BEZEICHNUNGEN	F.1
ZITAT		Z.1
1.	EINLEITUNG	1.1
1.1	Allgemein	1.1
1.1.1	Altdeutsches Wort "Brücke"	1.2
1.1.2	Der Begriff "Eisenbahnbrücken"	1.2
1.1.3	Der Begriff "Eisenbahnviadukt"	1.2
1.1.4	Geometrie und Konstruktion des Bahrmühlenviaduktes	1.6
1.2	Gewölbte Eisenbahnbrücken	1.8
1.2.1	Konstruktionsarten	1.8
1.3	Problemstellung und Stand der Forschung	1.9
1.4	Überblick zur vorliegenden Arbeit und Zielsetzung	1.9
2.	MAUERWERK	2.1
2.1	Allgemein	2.1
2.1.1	Hammerrechtes Bruchsteinmauerwerk für Bogen	2.3
2.1.2	Quaderartiges und Quaderbogenmauerwerk	2.3
2.2	Lichte Weiten	2.4
2.3	Eigenschaften von Mauerwerk und Mörtel	2.5
2.3.1	Allgemein	2.5
2.3.2	Mauerwerk aus künstlichen Steinen	2.6
2.3.3	Mauerwerk nach EC 6	2.13
2.3.4	Mauerwerk aus Naturstein	2.14
2.3.5	Natursteinmauerwerk in DIN 1053-1	2.18
2.4	Festigkeiten von historischem Mauerwerk	2.20
2.5	Mauerwerksfestigkeiten des Bahrmühlenviadukts	2.22
3.	TRAGVERHALTEN GEMAUERTER BOGENBRÜCKEN	3.1
3.1	Allgemein	3.1
3.2	Bogen- und Gewölbeformen	3.2
3.3	Statische Systeme	3.3
3.3.1	Stützlinie	3.5
3.3.2	Knicklast und Bogenform	3.6
3.3.3	Der Bogen als Flächentragwerk	3.7
3.4	Tragende Mitwirkung der Aufbauten	3.7
3.4.1	Messergebnisse	3.9
3.4.2	Zusammenfassung	3.10

Kapitel I	Inhaltsverzeichnis	Seite I.2
4.	NACHWEIS DER SPANNUNGEN IM GEWÖLBE	4.1
4.1	Spannungsnachweis im Mauerwerk nach DIN 1053-1	4.1
4.1.1	Allgemein	4.1
4.1.2	Spannungsnachweis in Gewölben	4.1
4.2	Bemessungsvorschlag von Hänel	4.3
4.3	Bemessungsvorschlag von Lachmann	4.4
4.4	Bemessungsvorschlag von Mildner	4.5
4.5	Richtlinie der Deutschen Bahn (DS 805)	4.5
4.6	Richtlinie der Deutschen Reichsbahn (DR)	4.5
4.7	Zusammenfassung der Nachweise der Biegedruckzone in Gewölbebrücken	4.6
5.	MATERIALMODELL	5.1
5.1	Allgemein	5.1
5.2	Das Mauerwerk des Bahrmühlenviaduktes im Gewölbebereich	5.3
5.3	Das Mauerwerk des Bahrmühlenviaduktes im Pfeilerbereich	5.5
5.4	Außenwand, Innenwandmauerwerk und die Verfüllung des Bahrmühlenviaduktes	5.8
5.5	Zugfestigkeit parallel zur Lagerfuge am Beispiel des Pfeilermauerwerks	5.8
6.	FE-VERGLEICHSBERECHNUNGEN	6.1
6.1	Allgemein	6.1
6.2	Versuch ZW1 an einer Wandscheibe aus Mauerwerk von Lurati/ Thürlimann	6.2
6.2.1	Ergebnis der FE-Berechnung der Wand ZW1	6.5
6.3	Versuch ZW2 an einer Wandscheibe aus Mauerwerk von Lurati/ Thürlimann	6.7
6.3.1	Ergebnis der FE-Berechnung der Wand ZW2	6.9
6.4	Versuch K2 an einer Wandscheibe aus Mauerwerk von Mojsilovic/ Marti	6.10
6.4.1	FE – Vergleichsberechnung mit Gewölbemauerwerk	6.13
6.5	Zusammenfassung	
7.	FE-MODELL EINER GEMAUERTEN EISENBAHNBRÜCKE AM BEISPIEL DES BAHRMÜHLENVIADUKTES	7.1
7.1	Gesamtmodell	7.1
7.1.1	Modellberechnung, gekrümmtes – gerades Modell	7.3
7.1.2	Modellberechnung, Lastfall Eigengewicht	7.4

Kapitel I	Inhaltsverzeichnis	Seite I.3
7.1.3	Modellberechnung, Lastfall Stützensenkung	7.7
7.2	Modell, Pfeiler 60 bis Pfeiler 100	7.9
7.2.1	Modellberechnung, Lastfall Eigengewicht	7.10
7.2.2	Modellberechnung, Lastfall Pfeilersetzung	7.12
7.2.3	FE – Modell in der weiteren FE - Berechnung	7.14
7.2.4	Modellberechnung, Lastfall UIC 71 Lastbild	7.15
7.3	Zusammenfassung	7.23
7.3.1	Vergleich "großes Modell – kleines Modell"	7.23
7.3.2	Lastfall UIC 71 Lastbild	7.24
8.	BESONDERHEITEN BEI DER MAKROMODELLIERUNG DES BAHRMÜHLENSVIADUKTES	8.1
8.1	Allgemein	8.1
8.2	Kraftübertragung in der Fuge	8.3
8.3	Zusammenfassung	8.7
9.	VALIDIEREN DES FE-MODELLS	9.1
9.1	Zwang infolge Temperaturänderung im Viadukt	9.1
9.1.1	Dauerüberwachungssystem	9.1
9.1.2	Modellberechnung, Lastfall Eigengewicht und Temperaturerhöhung	9.2
9.1.3	Vergleich der Ergebnisse der FE-Berechnung	9.6
9.2	Zwang infolge Heben der Pfeiler 70 und 90	9.6
9.2.1	Dauerüberwachungssystem	9.6
9.2.2	Modellberechnung, Lastfall Eigengewicht und Heben Pfeiler 70	9.9
9.2.3	Modellberechnung, Lastfall Eigengewicht und Heben Pfeiler 90	9.12
9.2.4	Vergleich der Ergebnisse der FE-Berechnung	9.16
9.3	Zusammenfassung	9.16
10.	BERECHNUNGEN MIT EBENEM STABWERKSPROGRAMM	10.1
10.1.1	Einfaches Gewölbetragwerk	10.1
10.2	Gewölbetragwerk mit mittragenden Aufbauten	10.3
10.2.1	Ersatzmodell der Fuge zwischen Aufmauerung und Gewölbe	10.3
10.2.2	2D-Stabmodelle	10.6
10.3	Zusammenfassung	10.16
11.	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	11.1
11.1	Zusammenfassung	11.1
11.2	Ausblick	11.3
12.	LITERATURVERZEICHNIS	11.1

Kapitel I	Inhaltsverzeichnis	Seite I.4
A.	ANLAGE A	A.1
AA.	ANLAGE AA	AA.1
B	TABELLE STEINBOGENBRÜCKEN	B.1
C.	ANLAGE C	C.1

F. Formelkurzzeichen und Bezeichnungen

Nachfolgend sind die wichtigsten im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Formel- und Kurzzeichen mit den entsprechenden Erläuterungen zusammengestellt.

A	Querschnittsfläche allgemein	A_c	Querschnittsfläche des Betons
A_k	Fläche des Kernquerschnittes	I_c	Flächenmoment 2. Grades (Trägheitsmoment) des Betonquerschnittes
W_c	Widerstandsmoment des Betonquerschnittes	W_T	Torsionswiderstandsmoment
b	Breite bei Rechteckquerschnitten; Plattenbreite bei Plattenbalken	b_k	Breite des Kernquerschnittes
b_t	mittlere Breite der Zugzone	e	Ausmitte einer Längskraft
e_a	ungewollte Ausmitte	e_{tot}	Gesamtausmitte
e_0	planmäßige Ausmitte der Längskraft nach Theorie I. Ordnung	e_{01}, e_{02}	planmäßige Ausmitte der Längskraft an den Stabenden
e_2	Ausmitte II. Ordnung	e_ϕ	Zusatzausmitte infolge Kriechens
f	Durchbiegung	$f_{c,s}$	Durchbiegungszuwachs infolge Kriechens und Schwindens
f_{tot}	Gesamtdurchbiegung	h	Gesamtdicke eines Rechteckquerschnittes
h_f	Dicke eines Gurtes	h_m	wirksame Dicke eines Betonquerschnitts im Hinblick auf Kriechen und Schwinden
h_{tot}	Gesamthöhe des Bauwerks	i	Trägheitsradius
l	Länge, Stablänge (allgemein)	l_{eff}	Stützweite
$l_{eff,x}$	Stützweite einer Platte in x- bzw. y-Richtung	l_n	lichte Stützweite zwischen den Auflagern
$l_{eff,y}$	Stützweite einer Platte in x- bzw. y-Richtung	$1/r$	Krümmung eines Stahlbeton- oder Spannbetonquerschnittes
l_0	Abstand der Momentennullpunkte	$(1/r)_{II}$	Krümmung im (gerissenen) Zustand II
$(1/r)_m$	mittlere Krümmung („tension stiffening“)	t	Auflagerbreite
s	Abstand (allgemein)	$w; w_k$	Rissbreite; charakteristischer Wert der Rissbreite
u	Umfang einer Fläche	x	Abstand einer auflagernahen Einzellast vom Auflagerrand
x	Abstand der Nulllinie vom (stärker) gedrückten Querschnittsrand		

x, y, z	Achsrichtungen eines rechtwinkligen, rechtsdrehenden Koordinatensystems	Δl	zulässige Maßabweichung
Δs	Stab- oder Trägerabschnitt	θ	Rotationswinkel (allgemein)
β	Neigung (allgemein); Neigung einer Geraden in einem Koordinatensystem; Ausbreitwinkel der Vorspannkraft	λ	Schlankheit

Sicherheitsrelevante Zeichen

A	Außergewöhnliche Einwirkung	$A_k; A_d$	charakteristischer Wert bzw. Bemessungswert von A
C_d	Bemessungswert einer Bauwerks- oder Bauteileigenschaft im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	F_{sd}	Bemessungswert einer aufzunehmenden Längskraft
G	ständige Einwirkung	$G_k; G_d$	charakteristischer Wert bzw. Bemessungswert von G
P	Einwirkung infolge Vorspannung	$P_k; P_d$	charakteristischer Wert bzw. Bemessungswert von P
Q	veränderliche Einwirkung	$Q_k; Q_d$	charakteristischer Wert bzw. Bemessungswert von Q
Q_{kl}	Leitwert der veränderlichen Einwirkung	Q_{ki}	veränderliche Begleiteinwirkung <i>i</i>
R_d	Bemessungswert des Tragwerk- bzw. Bauteilwiderstandes	S_d	Bemessungswert der aufzunehmenden Schnittgrößen
X	Baustoffkennwert	$X_k; X_d$	charakteristischer Wert bzw. Bemessungswert von X
p_f	theoretische (operative) Versagenswahrscheinlichkeit	s	Standardabweichung
Δl	zulässige Maßabweichung	β	Sicherheitsindex
γ_F	Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen	γ_A	Teilsicherheitsbeiwert für außergewöhnliche Einwirkungen
γ_G	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen	γ_Q	Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen

γ_{ind}	Teilsicherheitsbeiwert für Zwangseinwirkungen	γ_{M}	Teilsicherheitsbeiwert für Baustoffe
γ_{c}	Teilsicherheitsbeiwert für Beton	γ_{s}	Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl und Spannstahl
ψ	Kombinationsbeiwert	ψ_0	Beiwert für die Grundkombination
ψ_1	Beiwert für die häufige Kombination	ψ_2	Beiwert für die quasi-ständige Kombination
ψ_{2i}	Beiwert für die i -te Einwirkung einer quasi-ständigen Kombination		

Kenngrößen für Baustoffe

A_{gt}	Gesamtdehnung von Betonstahl bei der Höchstzugkraft	E_{c}	Elastizitätsmodul von Normalbeton
E_{cm}	Sekantenmodul von Normalbeton	E_{cd}	Bemessungswert von E_{c}
$E_{\text{c}}(t_0)$	Elastizitätsmodul des Betons zum Zeitpunkt t_0	$E_{\text{c}28}$	Elastizitätsmodul bei einem Betonalter von 28 Tagen
$E_{\text{c,eff}}$	wirksamer Elastizitätsmodul des Betons	E_{s}	Elastizitätsmodul von Betonstab- und Spannstahl
f	Festigkeit (allgemein)	f_{bd}	Bemessungswert der aufnehmbaren Verbundspannungen nach EC2
f_{c}	Zylinderdruckfestigkeit des Betons	f_{cm}	Mittelwert von f_{c}
$f_{\text{ck,cyl}}$	charakteristischer Wert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons	f_{cd}	Bemessungswert der Zylinderdruckfestigkeit f_{ck}
$f_{\text{ck,cube}}$	charakteristischer Wert der Würfeldruckfestigkeit des Betons	f_{ct}	Zugfestigkeit des Betons
$f_{\text{ct,m}}$	mittlere Zugfestigkeit	$f_{\text{ctk},0,05}$	unterer charakteristischer Wert der Betonzugfestigkeit (5% Fraktile)
$f_{\text{ctk},0,95}$	oberer charakteristischer Wert der Betonzugfestigkeit (5% Fraktile)	$f_{\text{ct,ax}}$	axiale Zugfestigkeit des Betons
$f_{\text{ct,fl}}$	Biegezugfestigkeit des Betons	$f_{\text{ct,ps}}$	Spaltzugfestigkeit des Betons
$f_{\text{ct,ef}}$	wirksame Betonzugfestigkeit für die Ermittlung der Mindestbewehrung	$\alpha_{\text{r,c}}$	Wärmedehnzahl des Betons

ε_{cl} zur maximalen Ordinate f_c der Spannungsdehnungslinie gehörige Betonstauchung

ε_{CM} Bruchstauchung des Betons


Zeichen für Kräfte, Momente, Spannungen und Dehnungen

F	Last	F_k	charakteristischer Wert einer Last
F_c	auf den Beton wirkende Kraft	F_d	Bemessungswert der extremalen Gurtkraft (Zug oder Druck)
F_p	auf den Spannstahl wirkende Kraft	F_{pu}	rechnerischer Höchstwert von F_p
F_{px}	an der Stelle x auf den Spannstahl wirkende Kraft	F_s	am Endauflager zu verankernde Kraft
F_{vd}	Bemessungswert einer Vertikallast	H_d	Bemessungswert einer Horizontalkraft
H_{sd}	Bemessungswert einer aufzunehmenden Horizontalkraft	$J(t, t_0)$	Kriechfunktion im Zeitintervall t_0 bis t
M	Biegemoment (allgemein)	$M_{F,pl}$	plastisches Feldmoment einer zweiachsig gespannten Platte
M_{max}	Größtwert eines (positiven) Biegemoments	M_{pl}	plastisches Moment
$M_{Rd}; M_{Rm}$	Bemessungs- bzw. Mittelwert des aufnehmbaren Biegemoments	M_r	Rissmoment
M_{sd}	Bemessungswert des aufzunehmenden Biegemoments	$M_{sd,s}$	auf die Biegezugbewehrung bezogener Wert von M_{sd}
$M_I; M_{II}$	Biegemoment nach Theorie I. bzw. II. Ordnung	N_{Rd}	Bemessungswert der aufnehmbaren Längskraft
N_{sd}	Bemessungswert der aufzunehmenden Längskraft	$N_u; N_{ud}$	Grenztragfähigkeit des zentrisch gedrückten Querschnitts
V	Querkraft; Vertikallast allgemein	ε	Dehnung (allgemein)
ε_c	Stauchung des Betons	ε_{cm}	mittlere Betonstauchung
ε_{cs}	Grundscheidmaß von Normalbeton	$\varepsilon_n(t)$	spannungsunabhängige aufgezwungene Betondehnung (z.B. durch Kriechen oder Schwinden) zum Zeitpunkt t
σ	Spannung	$\sigma(t_0); \sigma(t)$	Spannung zum Zeitpunkt t_0 bzw. t

σ_c	Spannung im Beton	$\sigma_{cd,M}$	Bemessungswert der bei Teilflächenbelastung aufnehmbaren Betondruckspannung
σ_{cg}	Betonspannung in Höhe der Spannglieder unter Eigenlast und weiteren ständigen Lasten	$\sigma_{cp,eff}$	wirksame zentrische Druckspannung im Beton
σ_{cS}	Betondruckspannung im Schwerpunkt des Querschnitts	σ_{ct}	Zugspannung im Beton

Weitere Zeichen

N	Anzahl	t	Zeit (allgemein)
t_0	wirksames Betonalter, von dem ab der Einfluß von Kriechen und Schwinden berücksichtigt wird		



DIE SCHÖNSTE BRÜCKENFORM FÜR
HOHE TALBRÜCKEN IST DER BOGEN AUF
SCHLANKEN PFEILERN MIT GLEICHEN
ÖFFUNGSWEITEN BIS ZU DEN IN LANGEN
WANGENMAUERN AUSKLINGENDEN
BRÜCKENENDEN.

K. Schaechterle, 1937

1. Einleitung

1.1 Allgemein

Naturgewölbe aus Stein sind noch häufig zu finden, entstanden durch endogene und/oder exogene Naturkräfte. In Südfrankreich und besonders in den USA können in den großen Nationalparks derartige von der Natur geschaffene Gewölbe besichtigt werden. Das größte Naturgewölbe der Welt zeigt Bild 1.1, den Landscape Arch in Utah, mit einer lichten Weite von 89 m und einer minimalen Höhe von 1,80 m.



Bild 1.1: Landscape Arch im Devil's Garden in Utah, Photo von Andre Schneider.

Die Griechen und besonders die Römer haben in Anlehnung an die Natur künstliche Gewölbe erbaut.



Bild 1.2: Ansicht der Ponte Della Maddalena über den Borgo a Mozzano, Photo von Alfred Kargl.

Eine sehr schöne Konstruktion, die Ponte Della Maddalena, auch Teufelsbrücke genannt, zeigt Bild 1.2. Sie wurde im 12. Jahrhundert in Italien erbaut.

1.1.1 Altdeutsches Wort "Brücke"

Das Wort "Brücke" geht auf den altdeutschen Begriff "brugga" zurück und meint in der ursprünglichen Bedeutung "hölzernes Gerüst" [P3].

Im heutigen Sprachgebrauch wird der Begriff "Brücke" verwendet, um eine Verbindung zu beschreiben, die als Hindernis zwei voneinander getrennten Bereiche überspannt.

Eine im Hinblick auf große Viadukte wichtige Einschätzung ist von dem bedeutenden Brückenbauer Karl Wilhelm **Schaechterle** (1879-1971) 1937 niedergeschrieben worden:

DIE SCHÖNSTE BRÜCKENFORM FÜR HOHE TALBRÜCKEN IST DER BOGEN AUF
SCHLANKEN PFEILERN MIT GLEICHEN ÖFFNUNGSWEITEN BIS ZU DEN IN LANGEN
WANGENMAUERN AUSKLINGENDEN BRÜCKENENDEN.

1.1.2 Der Begriff "Eisenbahnbrücken"

Die Industrialisierung im 19. Jahrhundert in Europa stellte an die Baumeister neue Anforderungen. Der Ausbau des Eisenbahnnetzes verlangte für den reibungslosen Betrieb auf vielen neuen Strecken die Überquerung von vielfältigen Hindernissen. Dies machte den Bau von Brücken und Tunneln erforderlich.

Der Begriff "Eisenbahnbrücke" ist dabei zweideutig. Er bezeichnet vor allem Brücken, die von Eisenbahnen befahren werden, wird aber auch im Zusammenhang mit Straßenbrücken verwendet, die über Eisenbahnlinien führen.

Im Folgenden sind mit dem Begriff „Eisenbahnbrücke“ nur solche Brücken gemeint, auf denen Eisenbahnen Hindernisse überqueren.

1.1.3 Der Begriff "Eisenbahnviadukt"

Der Begriff „Viadukt“ kommt aus dem Lateinischen und bedeutet *Wegleitung* oder *Wegführung*. Lateinisch *via* ist *die Straße/ der Weg* und *ducere* heißt *führen*, übersetzt *geführter Weg*, frei übersetzt *Trasse*.

Mit der Entwicklung des Eisenbahnwesens Mitte des 19. Jahrhunderts wurde der Begriff für einen Verkehrsweg übernommen, der über ein Hindernis führt. Als Viadukt bezeichnen wir heute mehr oder minder hohe und lange Brücken einer Eisenbahntrasse oder Straße, die steigungsfrei oder -arm ein Hindernis mit Pfeilern und Bögen überspannen.

Viadukte wurden aus Steinen, Beton, Stahl oder Holz gebaut. Steinerne Viadukte haben zumeist Halbkreisgewölbe, schlanke Pfeiler und mit zunehmender Höhe zwei, drei und vier Ebenen, die durch Zwischengewölbe gebildet werden. Die Zwischenpfeiler sind entweder gleich stark oder unterschiedlich stark ausgebildet.

Gruppenpfeiler sind dann vorhanden, wenn sich mehrere Zwischenpfeiler mit stärkeren Pfeilern abwechseln.

1.1.3.1 Besondere Eisenbahnbrücken

1.1.3.1.1 Adolphe-Brücke

Baujahr 1889 – 1904.

Gesamtspannweite 153,0 m.

Die Adolphe-Brücke, nach Großherzog Adolphe benannt, ist die größte Steinbogenbrücke Europas und liegt in Luxemburg. Der Hauptbogen der 153,0 m langen ehemaligen Eisenbahnbrücke überspannt mit 84,0 m Länge und 46,0 m Höhe den Fluss Petrusse. Heute wird diese Brücke als Straßenbrücke genutzt.



Bild 1.3: Adolphe-Brücke über die Petrusse, Photo von J. Mossot.

1.1.3.1.2 Göltzschtalbrücke

Baujahr 1851.

Gesamtspannweite 574,0 m.

Im Zuge der Eisenbahnverbindung von Leipzig nach Hof wurde der 574,0 m lange Viadukt von 1846 bis 1850 erbaut.

Eine Prüfungskommission unter der Leitung des Ingenieurs Johannes Andreas Schubert erarbeitete den Entwurf der Göltzschtalbrücke unter Verwendung der ersten vier Wettbewerbs-Brückenentwürfe.

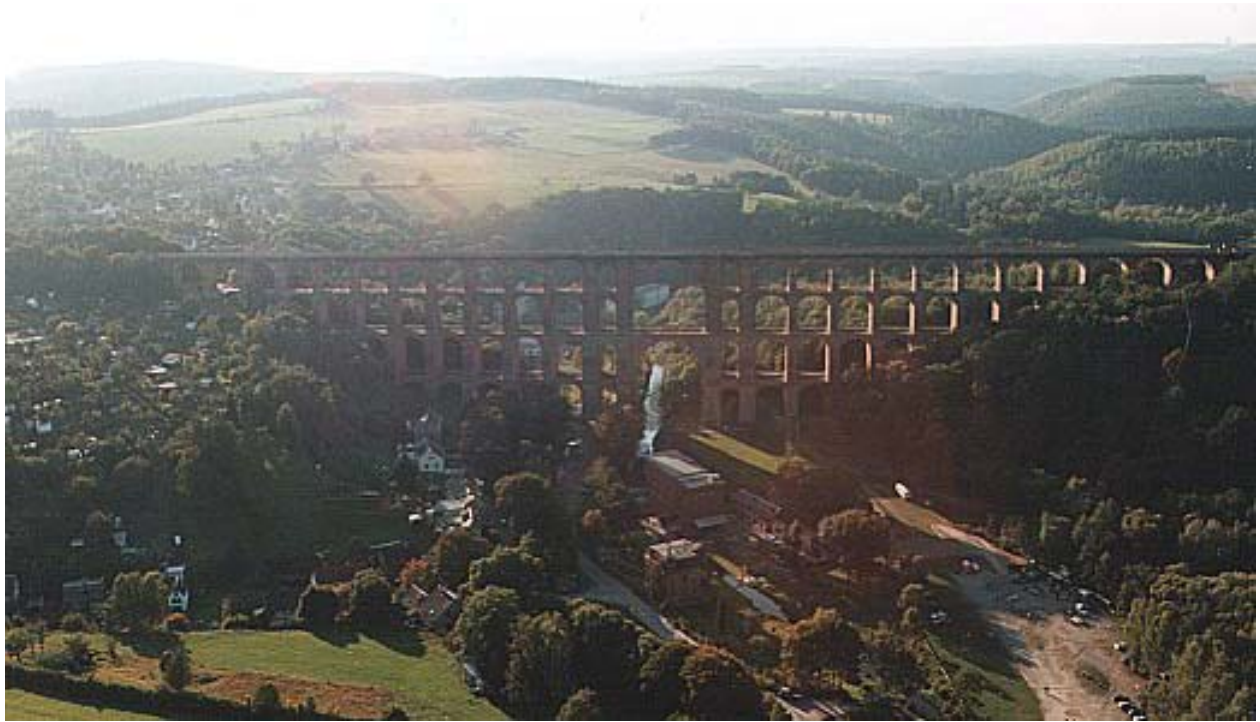


Bild 1.4: Ansicht der Göltzschtalbrücke bei Reichenbach in Sachsen, Photo von B. Schneider.



Bild 1.5: Schrägansicht der Göltzschtalbrücke.

1500 Bauarbeiter waren auf der riesigen Baustelle tätig. Die Baustoffe stammen aus dem nahen Vogtland.

Die unterste Ebene des vierstöckigen Viaduktes besteht aus 10 Pfeilern mit einer Höhe von 23,0 m. Die zweite Ebene hat 17 Pfeiler mit einer Höhe von 20,0 m, die dritte Ebene besteht aus 22 Pfeilern mit einer Höhe von 17,0 m und die vierte Ebene hat 22 Pfeiler mit einer Höhe von 16,0 m bis zur Schienenebene.

Die Göltzschtalbrücke ist mit 81 Bögen die weltweit größte Ziegelbrücke ihrer Art.

1.1.3.1.3 Bahrmühlenviadukt

Baujahr 1872.

Gesamtspannweite 235,0 m.

Baujahr ist das Jahr 1872. Die 235,0 m lange Natursteinbogenbrücke überspannt in 25,0 m Höhe den Bahrebach bei Chemnitz. Die größte lichte Weite dieses Eisenbahnviadukts beträgt 18,0 m.

Bild 1.6 zeigt den Bahrmühlenviadukt in seiner ursprünglichen Gestalt.



Bild 1.6: Historisches Bild, Westansicht des Bahrmühlenviaduktes mit je zwei Richtungsfahrbahnen, Photo von M. Lambertz.

Im Jahr 2003 wurde ein Tunnelbauwerk aus Stahlbeton in die Konstruktion integriert (vgl. Bild 1.7), um die verbreiterte Trasse der Autobahn A4 durch den Viadukt zu leiten. Der



Bild 1.7: Bahrebachviadukt bei Chemnitz.

Viadukt bedeutete für den Autobahnbau ein kompliziertes Hindernis.

Die "Unterfangung" des Eisenbahnviaduktes über den Bahrebach ist ein in seiner Art einmaliges technisches Bauvorhaben. Dabei wurden die angrenzenden Brückenpfeiler an der derzeitigen Autobahnführung unterfangen, die Pfeiler vollkommen neu gestaltet und damit der Raum für den sechsstreifigen Ausbau geschaffen.

1.1.4 Geometrie und Konstruktion des Bahrmühlenviaduktes

Die zweigleisige Eisenbahnstrecke von Chemnitz nach Leipzig führt mit 15 Bogen mit lichten Weiten von 5,0 m bis 18,0 m in einem Radius von 360,0 m (im Grundriss) über den Bahrebach und die A 4 bei Chemnitz.

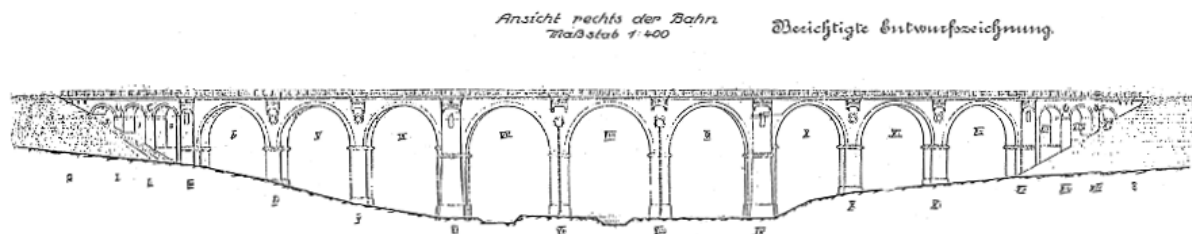


Bild 1.8: Ansichtsskizze des Bahrmühlenviaduktes.

Die in Schotter gebetteten Gleise liegen auf Sandsteinplatten (siehe dazu Bild 1.9).

Schnitt A-A (in Pfeilerachse)

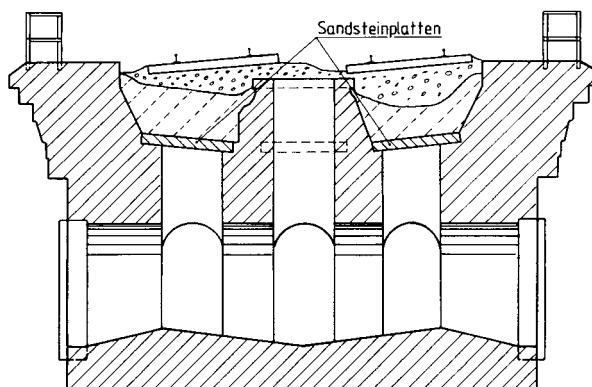


Bild 1.9: Querschnitt durch Achse Pfeiler.

Die Sandsteinplatten lagern auf den äußeren sowie auf den inneren Gewölbeaufmauerungen, auch Spandrilwände genannt (siehe dazu Bild 1.9).

Schnitt B-B (im Bogenscheitel)

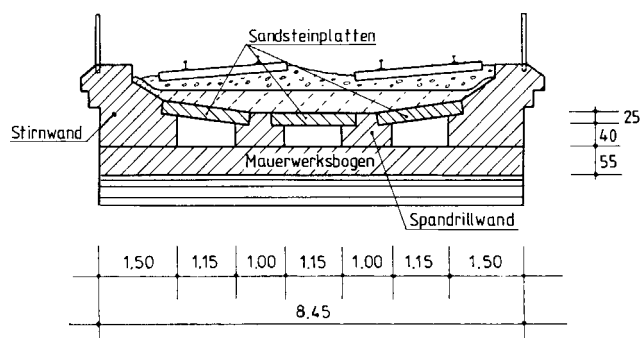


Bild 1.10: Querschnitt durch den Scheitelbereich der Gewölbe.

Die äußeren Aufmauerungen haben durchgehend je Seite eine Breite von 1,50 m. Die innen liegenden Spandrilwände sind durchgehend 1,00 m breit (siehe dazu Bild 1.10). Die Räume zwischen den Natursteinaufmauerungen bei dieser aufgelösten Bauweise wer-

den Spandrillräume genannt. Über den Pfeilern sind die Spandrillräume miteinander verbunden. Die Bauweise ist typisch für Mauerwerksviadukte des im 19. Jahrhundert gebauten Eisenbahnnetzes.



Bild 1.11: Sicht in den Spandrillraum vom Pfeiler aus. Rechts und links sind die Spandrillwände zu sehen, oben die Sandsteinplatten.



Bild 1.12: Ansicht des Bahrmühlenviaduktes von Wittgensdorf aus.

Die Pfeilerbreiten in Längsrichtung variieren zwischen 6,0 m bei den Gruppenpfeilern und 2,5 m bei den Pfeilern der Randbogen. Das Gewölbemauerwerk hat im Bogenscheitel eine Höhe von 0,50 m (im Bereich der Randgewölbe) und 0,70 m (im Bereich der Mittelöffnung).

1.2 Gewölbte Eisenbahnbrücken

Die gewölbte Eisenbahnbrücke ist keine Bauweise, die in der Vergangenheit eine Rolle gespielt hat. Im Gegenteil: 2004 fand in Barcelona das 4. internationale Symposium [R9] über Gewölbe- und Bogenbrücken statt. Vorträge über die Berechnung, den Neubau, Reparatur und Unterhaltung von vorhandenen und neuen Gewölbebrücken zeigten den aktuellen Stand der Forschung.

Bei historischen Stein-Konstruktionen ist vor allem die Beurteilung des Ist-Zustandes von besonderem Interesse. Nach erfolgter umfassender Bestandsaufnahme und -untersuchung kann die Konstruktion besser verstanden und beurteilt werden.

1.2.1 Konstruktionsarten

Historische Gewölbebrücken wurden im Außenbereich (die Pfeiler und das Gewölbe) in Natursteinmauerwerk erstellt. Für die Innenkonstruktion der Brücken wurden je nach Al-



Bild 1.13: Vermörtelte Steinreste als Innenfüllung des Gewölberücken-Oberbaus einer historischen Natursteinbrücke [N1].

ter des Bauwerks unterschiedliche Füllstoffe verwendet. Bild 1.13 zeigt die Draufsicht auf eine typische Innenfüllung einer historischen Natursteinbrücke. Rechts und links sind die Seitenwangen aus Natursteinmauerwerk zu erkennen. Der Innenbereich der Brücke wurde mit Steinresten verfüllt. Gleiches gilt auch für den Pfeilerbereich.

Auf der vermörtelten Verfüllung wurde dann der Eisenbahnoberbau angeordnet. Dies war die typische Bauweise (siehe auch Bild 1.4) in jener Zeit.

Um Baumaterial und Gewicht zu sparen, wurden auf den Gewölben Querwände angeordnet (siehe auch Bild 1.3). Auf diese Querwände wurde dann die Fahrbahnplatte gelegt, die den Eisenbahnoberbau aufnehmen konnte. So entstanden filigrane Konstruktionen, die eine Durchsicht in Querrichtung nicht nur durch den Bogen ermöglichten.

Eine weitere Bauform ist die Anordnung von Längswänden, den Spandrillwänden oberhalb des Gewölbes in Richtung der Brückenlängsachse. An Stelle der Verfüllung wurden gewichtseinsparend Längswände aus Natursteinmauerwerk angeordnet. Auf diese Spandrillwänden wurden Sandsteinplatten aufgelegt, die den Oberbau der Eisenbahn tragen. Die entstandenen Räume zwischen den Spandrillwänden wurden nicht verfüllt.

Nur die Mauerwerkspfeiler wurden, wie schon beschrieben, bis zum Kämpferbereich mit Steinresten verfüllt. Bild 1.9 und Bild 1.10 zeigt skizzenhaft die Ausbildung der Gewölbe im Schnitt im Scheitel- und Pfeilerbereich mit Angabe der vorhandenen Abmessungen für das Bahrmühlenviadukt.

Bild 1.11 zeigt ein Bild, das zwischen den Spandrillwänden von der Pfeilerachse hin zum Scheitelbereich aufgenommen wurde. Zu sehen ist oben die Abdeckung mit Sandsteinplatten; darüber befindet sich der Eisenbahnoberbau. Unten ist das Gewölbemauerwerk zu erkennen.

1.3 Problemstellung und Stand der Forschung

Heute noch genutzte Eisenbahn-Gewölbebrücken aus Naturstein müssen angepasst werden an größere Radlasten der Züge, an schnellere Überfahrten, zum Teil auch an größere Zugzahlen pro Tag und somit an häufigere, stärkere und schnellere Lastwechsel, aber auch an Umbauten am Eisenbahn-Oberbau und am Viadukt selbst.

Statische Berechnungen für das historische Bauwerk liegen meist nicht vor, so dass bei Umbauten entweder Belastungsversuche oder begleitende neue statische Berechnungen des Brückenbauwerks, bei gleichzeitiger messtechnischer Betreuung, vorgenommen werden müssen.

Heute werden Eisenbahn-Bogenbrücken aus Naturstein mit Hilfe von EDV berechnet. Mit einfachen 2D-Programmen können die Traggewölbe polygonartig diskretisiert werden. Die Eingabe unterschiedlicher Mauerwerksmaterialien ist in den Programmen berücksichtigt. Die Aufbauten über dem Bogen werden meist als Zusatzlast (nicht mittragend) oder als zusätzliches Stabwerk abgebildet.

Bei Eisenbahnviadukten der Bauart mit Spandrillwänden wie beim Bahrmühlenviadukt (vgl. Bild 1.12) führt diese Vorgehensweise zur Ermittlung von Schnittgrößen jedoch zu Ergebnissen, die im Bauwerk unter gleichen Bedingungen nicht zu finden sind. Das heißt: Die Ergebnisse dieser Methodik geben nur einen unbefriedigenden bzw. unzureichenden Überblick über die Beanspruchungen des Bauwerk.

1.4 Überblick zur vorliegenden Arbeit und Zielsetzung

Die nachfolgende Arbeit soll einen Beitrag liefern zum Trag- und Verformungsverhalten von Eisenbahnviadukten mit längsgegliederten Aufbauten (Spandrilwänden) ohne Verfüllung der Gewölbe. Quergegliederte Eisenbahnviadukte sowie Eisenbahnviadukte mit einer Verfüllung der Gewölbe zwischen den Aufmauerungen auf dem Gewölbe werden nicht behandelt.

Am Beispiel des Bahrmühlenviaduktes, siehe dazu auch Bild 1.7 bis Bild 1.12, wird gezeigt, dass Verformungen durch Umbaumaßnahmen am Viadukt mit der EDV und geeigneten Materialgesetzen hinreichend genau nachgewiesen werden können. Weiter wird gezeigt, dass Beanspruchungen aus Last und Zwang mit Hilfe der FE-Methode wirklichkeitsnah berechnet werden können.

Die Kennwerte für die Arbeitslinien der verschiedenen Mauerwerksarten des Viaduktmauerwerks wurden anhand von Bohrproben ermittelt, die an verschiedenen Stellen am Viadukt entnommen worden sind [G10/11/12].



Bild 1.14: Ansicht Göhrener Viadukt, Photo von D. Hurcks.

Bei den Fremdversuchen sind Versuche an Mauerwerkswänden gewählt worden, die einerseits das Schubtragverhalten von Mauerwerkswänden unter verschiedenen Auflasten und andererseits das vorhandene Biege- und Verformungsverhalten von Mauerwerk unter Auflast zeigen.

Zusätzlich zur FE-Berechnung des Viaduktes wird in der Arbeit ein einfaches 2D-Stabmodell entwickelt.

Mit Hilfe der 2D-Stabstatik, einfachen Materialgesetzen für das Mauerwerk und zusätzlicher 3D-FE-Berechnung werden so komplexe Viaduktsysteme berechenbar gemacht.

Bei Anwendung dieser Vorgehensweise können Bauwerke aus historischem Mauerwerk auch bei Umnutzung weiter befahren werden und verbleiben so weiter in der Landschaft, perfekt eingepasst von ihrem Konstrukteur, siehe dazu auch Bild 1.14.

2. Mauerwerk

2.1 Allgemein

Noch heute sind auch in Deutschland zahlreiche alte Viadukte aus Mauerwerk für Straßen und Eisenbahnen in Gebrauch. In Anlage BA sind Viadukte aus Mauerwerk für Eisenbahnen in Deutschland tabellarisch zusammengestellt. Die meisten von ihnen wurden erst ab Mitte des 19. Jahrhunderts erstellt, wie z.B. der Göltzschtalviadukt bei Reichenbach, der höchste noch existierende Viadukt aus jener Zeit, oder der Elstertalviadukt und der Bahrmühlenviadukt bei Chemnitz. Besonders in Sachsen und Thüringen sind noch viele der alten Steinviadukte in Betrieb.

Eisenbahnviadukte gehören zu den großen Bauwerken des 19. Jahrhunderts. Sie überbrücken weite und tiefe Täler und haben dafür eine gerade oder eine gebogene Trasse. Die Baumaterialien variieren je nach Standort; das Aussehen der Viadukte wird von Rund- oder Segmentbogen geprägt, die auf kompakten Pfeilern stehen.

Um lange Anfahrtswege für die Baustoffe zu vermeiden, wurden Steinviadukte überwiegend aus dem Material gebaut, das in nahen Steinbrüchen gewonnen werden konnte. In Ausnahmefällen wurden auch gebrannte Ziegel verwendet oder härteres Gestein aus anderen Gegenden herantransportiert. Nicht selten wurden mehrere Steinarten, abhängig von ihrer ermittelten Tragfähigkeit für Gründung, Pfeiler oder Bogen, gemeinsam verbaut. Neben Kalkstein, Granit, Gneis, Diabas und Sandstein sind auch Basalt, Porphyry, Tuff oder Bruchstein verwendet worden.

Kohl [K5] beschreibt 1854 in seinem Buch über die Entstehung der Göltzsch- und Elstertalbrücke die Vorüberlegungen und Arbeitsabläufe. Als Mörtel verwendete man beim Bau dieser beiden Viadukte Mischungen, die zu gleichen Teilen aus Kalkmehl, Sand und Alaunschiefermehl oder aus Kalkmehl, Sand und Ziegelmehl aus gestampften Ziegeln bestand. Die Mischungen wurden durch Versuche hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit und Abbindegeschwindigkeit gefunden.

Linder [L2] beschreibt 1937, dass die Würfeldruckfestigkeit und damit die Tragfähigkeit von Steinen schon damals im Labor mit Druckmaschinen bestimmt wurde, welche die Probewürfel bis zur vollkommenen Zerstörung belasteten. Die eigentliche Festigkeit und damit die Tragfähigkeit eines Mauerwerks sollte allerdings an Mauerwerksverbänden, also unter Berücksichtigung von Stoß- und Lagerfugen, gemessen werden.

Die Entwicklung vom Balken zum Bogen hat *Heinrich* 1983 anschaulich zusammengestellt [H3]. Die Bauformen entwickelten sich schon in vorrömischer Zeit vom einfachen waagerechten Steinbalken zum unechten Gewölbe (siehe dazu Bild 2.1). Die Römer entwickelten dann den Halbkreisbogen, das echte Gewölbe, mit seinen auf einen Kreismittelpunkt bezogenen, radial angeordneten Steinen und Fugen (Bild 2.2). Für diese Bögen wurden die Steine sehr sorgfältig behauen. Halbkreisbögen haben jedoch eine hohe Konstruktionshöhe, weshalb die Brücken oftmals wie klobige Fremdkörper wirken.

Mit der Renaissance im 15. Jahrhundert wurden neue Bogenformen entwickelt, die vor allem flacher und weiter gespannt waren. Die Konstruktion von Segment-, Ellipsen- und Korbbogen wurde erst in der Mitte des 16. Jahrhunderts möglich. Derart konstruierte Brücken fügten sich besser in die Landschaft ein und dienten vor allem zur Überführung von Flüssen. Mit dem Bau der Eisenbahntrassen wurden größere Viadukte konstruiert, die auch ganze Täler überspannten.



Bild 2.1: Schematische Darstellung eines unechten Gewölbes [N1].

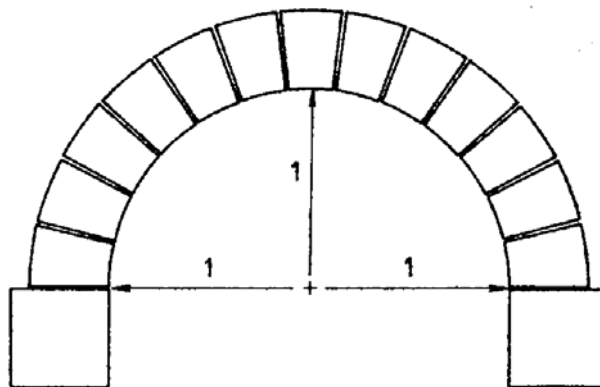


Bild 2.2: Bogengewölbe in Form eines Halbkreises [H3].

2.1.1 Hammerrechtes Bruchsteinmauerwerk für Bogen



Bild 2.3: Skizze Hammerrechtes Mauerwerk.

Hammerrechtes Bruchsteinmauerwerk ist in der Lagerfläche wenig bearbeitet. Die Lager- und Stoßfugen in hammerrechtem Bruchsteinmauerwerk sind ungefähr rechtwinklig angeordnet. Innerhalb einer und in verschiedenen Schichten darf die Schichthöhe gewechselt werden.

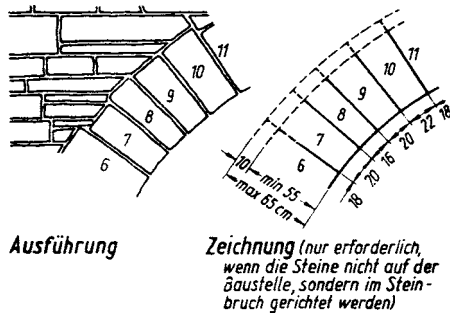


Bild 2.4: Stirnbogen aus hammerrechtem Bruchsteinmauerwerk mit Stirnmauer verzahnt [K4].

Hammerrechtes Bruchsteinmauerwerk eignet sich vorzüglich für Bogenbrücken. Die Verzahnung mit dem Stirnmauerwerk lässt die gesamte Konstruktion natürlich erscheinen. Die Bruchsteine werden entweder vor Ort oder direkt auf der Baustelle mit einfachem Mauerwerkzeug in der Lagerfuge (lagerhaft) behauen, sofern sie noch keine natürliche Lagerfläche haben. Um eine natürliche Wirkung des Mauerwerks zu fördern, sind auf

der Bauzeichnung lediglich die Größt- und Kleinstabmessungen der Steine vorgegeben.

2.1.2 Quaderartiges und Quaderbogenmauerwerk



Bild 2.5: Skizze Quader-Mauerwerk.

Die Lager- und Stoßfugen des Quader-Mauerwerks sind ebengeschliffen bearbeitet. Bild 2.5 zeigt u.a. die rechtwinklig angeordneten Lager- und Stoßfugen.

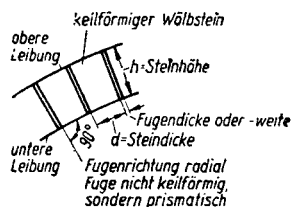


Bild 2.6: Quaderbogenmauerwerk [K4].

Die Bogensteine werden bereits fertig bearbeitet vom Steinbruch angeliefert. Zum Verlegen ist eine Werkzeichnung mit den Abmessungen und den Darstellungen der einzelnen Steine erforderlich. Jeder einzelne Stein wird gekennzeichnet und gemäß eines Versetzplanes eingebaut.

2.2 Lichte Weiten

Die Überbrückung von Tälern erfolgte durch Viadukte ganz unterschiedlicher Spannweiten und Höhen. Mit 78,0 m Höhe über der Göltzsch ist der Göltzschtalviadukt der höchste noch erhaltene Viadukt in Deutschland. Der Frohnsdorfer Viadukt mit einer Höhe von 14,0 m wirkt dagegen eher klein.

Bei höheren Viadukten wurden mehrere Etagen gebaut, einerseits aus ästhetischen Gründen, andererseits weil keine Erfahrungen über hohe schlanke Pfeiler vorhanden waren. Der lichte Abstand der Pfeiler variiert von Viadukt zu Viadukt. Zu finden sind Abstände kleiner 6,0 m bis größer 30,0 m. Meist ist in der Mitte der Viadukte das größte Feld zu finden, zu den Seiten hin werden die Feldweiten kleiner. Auch die Pfeilerabmessungen sind in der Mitte der Viadukte am Größten.

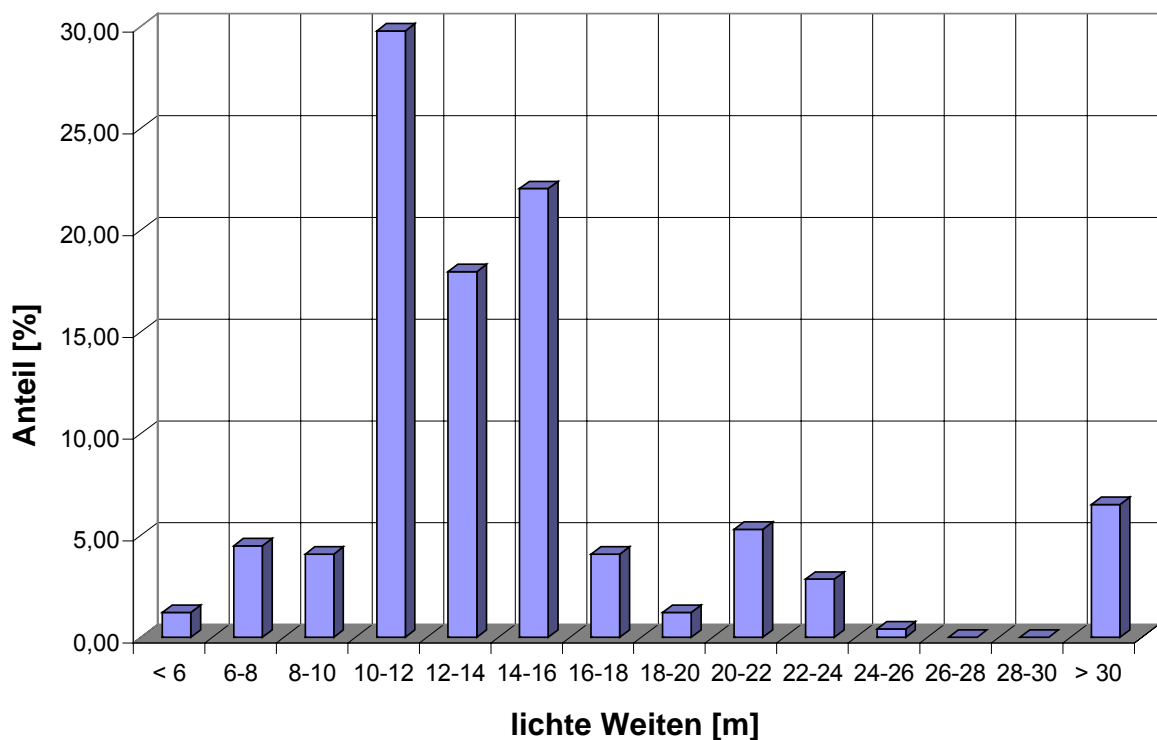


Bild 2.7: Zusammenstellung der lichten Weiten von Eisenbahnviadukten in Deutschland [L3].

Bild 2.7 zeigt eine graphische Darstellung der Pfeilerabstände (lichte Weiten) von Eisenbahnviadukten, die in der Anlage BA zusammengestellt wurden.

30 % der Bögen haben eine Weite von 10,0 – 12,0 m, 18 % sind 12,0 – 14,0 m breit und 22 % haben eine Weite von 14,0 – 16,0 m. 6,5 % der Bögen sind größer als 30,0 m.

2.3 Eigenschaften von Mauerwerk und Mörtel

2.3.1 Allgemein

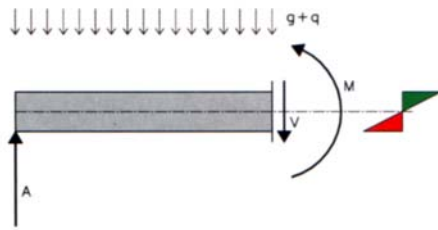


Bild 2.8: Skizzenhafte Darstellung der Tragwirkung von Balken [P1].

In einem einfachen Balken auf zwei Stützen treten im Querschnitt bei Biegebeanspruchung unten Zug- und oben Druckkräfte auf.

Ein Lastabtrag über Biegung kann nicht bzw. nur mit sehr unwirtschaftlichen Abmessungen im Mauerwerksbau realisiert werden. Um die Biegebeanspruchung in einem Bogen zu minimieren – und somit einen Lastabtrag zu ermöglichen, bei dem das

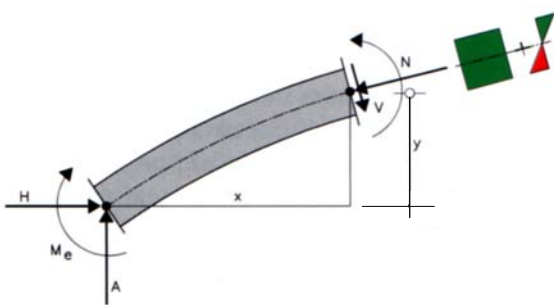


Bild 2.9: Skizzenhafte Darstellung der Bogen-tragwirkung [P1].

Mauerwerk, mit bekannt hohen Druckfestigkeiten und signifikant geringeren Zugfestigkeiten, nur auf Druck beansprucht wird –, sollte die Bogenform der Stützlinie der vorherrschenden Beanspruchungen entsprechen.

Dieser Erkenntnis folgend, wurden die Eisenbahnviadukte als Bogenbrücke mit einer der

äußeren Beanspruchungen angepassten Stützlinie als Bogenform gebaut. Da bei Bogenbrücken das Eigengewicht im Vergleich zu den veränderlichen Beanspruchungen überwiegt, wurden die Bögen entsprechend der Stützlinie für Eigengewicht geformt. Aus Beanspruchungen, deren Stützlinie nicht mit der Linie des Eigengewichtes übereinstimmt, resultieren im Bogen Biegemomente.

Ab Mitte des 19. Jahrhunderts wurde für die höher beanspruchten Teile der Viadukte wie Pfeiler und Gewölbe hochfester Stein, z.B. Granit verwendet. Für die Stirnwände und Aufmauerungen benutzte man weichere Steine, weil erkannt wurde, dass ihre Beanspruchung deutlich geringer war.

Die Tragfähigkeit von Mauerwerk ist maßgeblich von den Druck- und Zugfestigkeiten der Steine und des Mörtels bzw. von ihrer Interaktion und dem Querverformungsverhalten abhängig.

Die Zug- und Druckfestigkeit von Mauerziegeln und Natursteinen ist sehr unterschiedlich. Auch unterscheidet sich ein Mauerwerk aus Ziegeln deutlich von dem aus natürlichen Steinen. Beim Ziegelmauerwerk sind die Ziegel gleich groß und rechteckig. Alle Stoß- und Lagerfugen sind nahezu gleich dick, und die Haftungsflächen an den Steinen sind eben und überall gleich groß. Beim Natursteinmauerwerk sind die Steine unterschiedlich

groß und uneben. Die Stoß- und Lagerfugen sind deswegen dicker und verlaufen auch nicht immer vertikal und horizontal, sondern können durchaus geneigt sein. Die Haftungsflächen für Mörtel sind unterschiedlich groß und nicht eben.

Erkenntnisse, die aus Versuchen mit Ziegelmauerwerk gewonnen wurden, sind also nicht ohne Weiteres auf Natursteinmauerwerk zu übertragen. Nachfolgend werden die grundlegenden Eigenschaften von Mauerwerk dargestellt; auf besondere Erkenntnisse, die Natursteinmauerwerk betreffen, wird hingewiesen.

2.3.2 Mauerwerk aus künstlichen Steinen

Hinweise auf das Verformungsverhalten von Mauerwerk aus künstlichen Steinen sind in der Literatur insbesondere in Normen zu finden.

Grundlage hierfür sind Versuche, die *Mann* (1983) [M2] und *Mann und Müller* (1985) [M3] durchgeführt haben.

2.3.2.1 Allgemein

Mann (1983) [M1/2/3] macht für das Versagen von Mauerwerk aus künstlichen Steinen das unterschiedliche Querdehnverhalten von Mörtel und Steinen verantwortlich, das zu Zwängungsspannungen (Querzugspannungen im Stein und Querdruckspannungen im Mörtel) führt.

Die Theorie von *Mann* besagt, dass die Kräfte nur von den Teilen der Lagerfuge übertragen werden, die oben und unten von einem Stein begrenzt sind (Bild 2.10). Die restlichen Teile der Lagerfuge, also die Bereiche über und unter einer Stoßfuge, werden vernachlässigt, da die Steifigkeit der Fuge sehr viel geringer ist als die der Steine.

Die Tragfähigkeit eines natürlichen Mauerwerkes hängt dann von der Mörtelfestigkeit, dem Verhältnis von Übertragungsfläche zur Wandquerschnittsfläche, der Fugenschlankheit sowie der Fugenneigung ab.

Schubtragfähigkeit

Mann und Müller (1985) [M3] haben die Schubtragfähigkeit von gemauerten Ziegelmäuerwänden untersucht, die Grundlage für den Schubnachweis nach DIN 1053, T2 [Aus-

gabe 1984] ist. Die vertikalen Stoßfugen zwischen den Steinen sind erfahrungsgemäß nicht immer sorgfältig ausgeführt.

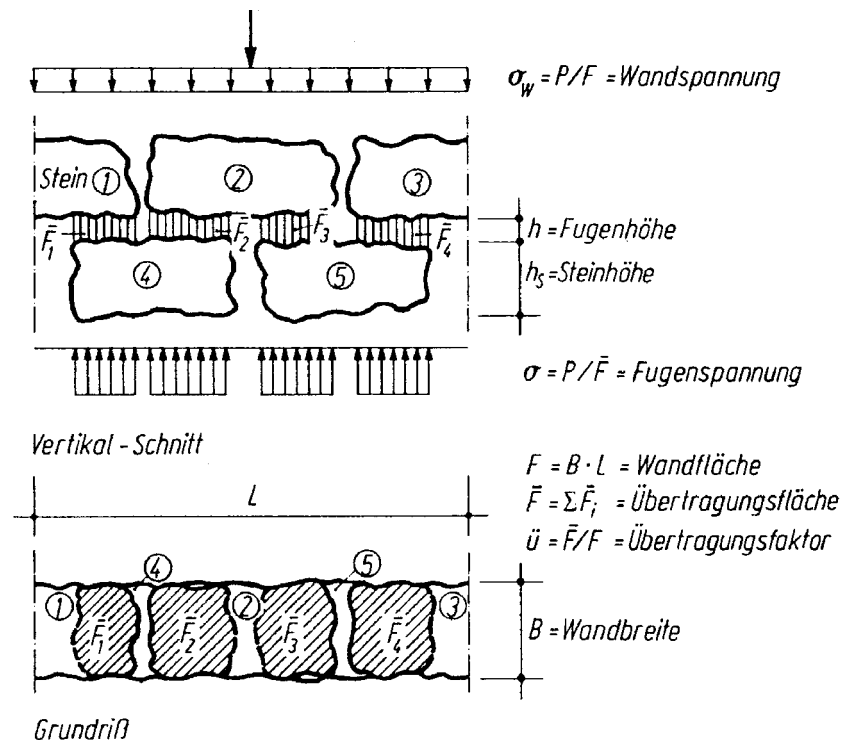


Bild 2.10: Modell der Kraftübertragung in Bruchsteinmauerwerk [K4].

Die Steine sind an den Stirnflächen glatter als in der Lagerfuge. Die Stoßfugen sind durch das Schwinden des Mörtels teilweise aufgerissen. Im Gegensatz zur Lagerfuge sind die Stoßfugen wenig oder gar nicht überdrückt. In der Nähe des Bruchzustandes kann die Stoßfuge keine Schubspannungen übertragen, denn in diesen Fugen ist kein Druck vorhanden, der Reibung erzeugen könnte.

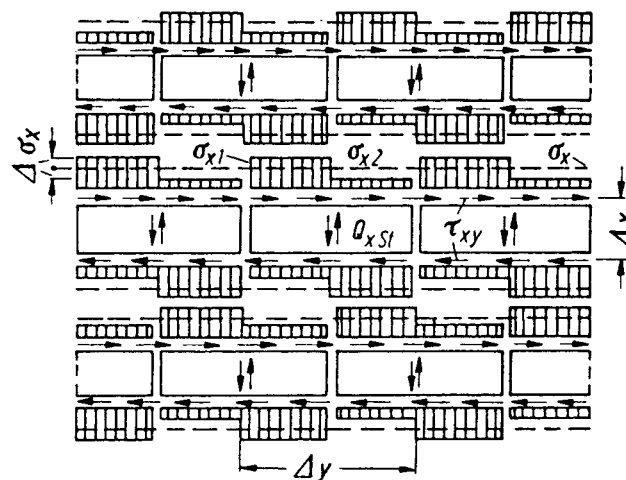


Bild 2.11: Spannungsverteilung im Mauerwerksverband [M3].

Zusätzlich zu den Normalspannungen σ_x in der Lagerfuge infolge Auflast (keine klaffende Fuge) wirken in den horizontalen Fugen Schubspannungen τ_{xy} (siehe auch Bild

2.11), die am Stein ein Drehmoment erzeugen. Das Gleichgewicht gegen Verdrehen kann nur durch ein vertikal wirkendes Kräftepaar hergestellt werden. Diese zusätzlichen vertikalen $\sigma_{x1,2}$ - Spannungen erzeugen in der einen größere und in der anderen Steinhälfte kleinere Spannungen.

$$\sigma_{x1,2} = \sigma_x \pm \tau \cdot \frac{2 \cdot \Delta x}{\Delta y} \quad \text{aus [M3]} \quad (2.1)$$

Der Bruch kann auf verschiedene Weisen eintreten:

Versagen der Lagerfuge auf Reibung

Nach dem Reibungsgesetz

$$F_r = \mu_h \cdot N, \quad (2.2)$$

mit dem Reibbeiwert μ_h

wird die Steinhälfte mit der geringeren Spannung σ_2 aus vertikaler Last eher versagen als die mit der größeren Spannung σ_1 (Bild 2.12). Die dabei auftretende Schubspannung τ_{xy} in der Lagerfuge ist:

$$\tau_{xy} = k + \mu_h \cdot \sigma_2 \quad (2.3)$$

In Bild 2.12 ist zu sehen, dass sich die Steinhälften mit der niedrigeren Spannung σ_2 diagonal gegenüber liegen. Die entstehende Bruchform ist wie eine Treppe ausgebildet.

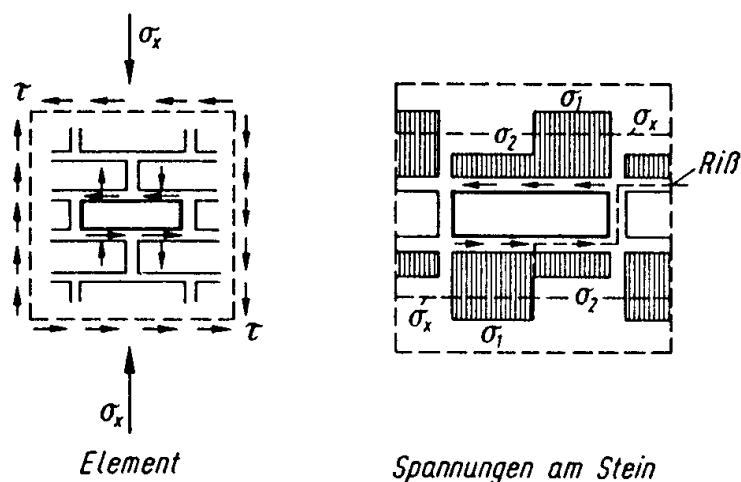


Bild 2.12: Element unter Schubbeanspruchung aus [M3].

Versagen durch Reißen der Steine:

Bei größerer vertikaler Last versagt nicht die horizontale Fuge auf Reibung, sondern der Stein auf Querkraft. In den Stoßfugen werden keine Schubspannungen übertragen, die Steine müssen in jeder 2. Schicht die doppelten Schubkräfte übertragen. Der Stein reißt, sobald die schiefe Hauptspannung im Stein σ_1 die Zugfestigkeit des Steines übersteigt. Die Risse gehen stets von den Stoßfugen aus und laufen entsprechend der schiefen Hauptspannungen leicht geneigt.

Versagen des Mauerwerks auf Druck:

Bei sehr großer vertikaler Last erreicht die Steinhälfte mit der größeren Spannung σ_1 die Druckfestigkeit des Mauerwerkes und versagt.

Versagen durch Klaffen der Lagerfuge:

Bei geringer vertikaler Last wird die σ_2 -Spannung zur Zugspannung. Die Zugfestigkeit des Mörtels wird überschritten, die Lagerfuge klafft und der Mörtel reißt. Im Allgemeinen ist in diesem Fall ein Grenzwert der Kohäsion erreicht.

2.3.2.2 Festlegungen in DIN 1053-1

Für übliches Mauerwerk, bis zu einer Steifigkeitsklasse von 60 (Tabelle 2.1), gilt für den Grundwert der zulässigen Druckspannung σ_0 :

$$\sigma_0 = (0,30 \div 0,35) \cdot \beta_M \quad [\text{MN/m}^2], \quad (2.4)$$

mit β_M = Nennfestigkeit des Mauerwerks (Tabelle 2.2)

Für die Bemessung gilt für den Rechenwert der Druckfestigkeit β_R :

$$\beta_R = 2,67 \cdot \sigma_0 \quad [\text{MN/m}^2], \quad (2.5)$$

mit $2,67 = \gamma / 0,75$.

Der Einfluss der Schlankheit λ bei $h_d/d = 10$ wird mit dem Faktor 0,75 für das vereinfachte Bemessungsverfahren berücksichtigt.

In dem Produkt [K9] beträgt der Sicherheitsbeiwert $\gamma = 2,0$:

$$\gamma = 3,0 \cdot (\sim 0,80) \cdot (0,85) \approx 2,0. \quad (2.6)$$

$\gamma = 3,0$, alter üblicher Sicherheitsbeiwert im Mauerwerksbau, ($\sim 0,80$), 5 % Fraktile der Nennfestigkeit, (0,85), Langzeitfestigkeit des Mauerwerks.

2.3.2.3 Tabellenwerte der Druckfestigkeit des Mauerwerks in DIN 1053-1

Die Festigkeit eines Mauerwerks hängt von den Eigenschaften der Einzelbaustoffe, vom Verband, dem Feuchtegehalt der Steine beim Vermauern und von der Verbundfestigkeit der Baustoffe ab. Die Grundwerte σ_0 (Tabelle 2.1) für die zulässige Spannung beziehen sich auf eine Bauteilschlankheit von $\lambda = 10$

Tabelle 2.1: Grundwerte σ_0 der zulässigen Druckspannungen für Mauerwerk nach DIN 1053-1, Tab. 3 und 4, aus [J1].

Steinfestigkeitsklasse	Normalmörtel mit Mörtelgruppe					Dünnbettmörtel ²⁾	Leichtmörtel	
	I	II	IIa	III	IIIa		LM21	LM36
2	0,3	0,5	0,5 ¹⁾	-	-	0,6	0,5 ³⁾	0,5 ³⁾⁴⁾
4	0,4	0,7	0,8	0,9	-	1,1	0,7 ⁵⁾	0,8 ⁶⁾
6	0,5	0,9	1,0	1,2	-	1,5	0,7	0,9
8	0,6	1,0	1,2	1,4	-	2,0	0,8	1,0
12	0,8	1,2	1,6	1,8	1,9	2,2	0,9	1,1
20	1,0	1,6	1,9	2,4	3,0	3,2	0,9	1,1
28	-	1,8	2,3	3,0	3,5	3,7	0,9	1,1
36	-	-	-	3,5	4,0	-	-	-
48	-	-	-	4,0	4,5	-	-	-
60	-	-	-	4,5	5,0	-	-	-

¹⁾ $\sigma_0 = 0,6 \text{ MN/m}^2$ bei Außenwänden mit Dicken $\geq 300 \text{ mm}$. Diese Erhöhung gilt jedoch nicht für den Nachweis der Auflagerpressung nach Abschnitt 1.5.11 und 1.5.12.

²⁾ Verwendung nur bei Porenbeton Plansteinen nach DIN 4165 und bei Kalksand-Plansteinen. Die Werte gelten für Vollsteine. Für Kalksand-Lochsteine und Kalk-Hohlblocksteine nach DIN 106 Teil 1 gelten die entsprechenden Werte bei Mörtelgruppe III bis Steinfestigkeitsklasse 20.

³⁾ Für Mauerwerk mit Mauerziegeln nach DIN 105 Teile 1 bis 4 gilt $\sigma_0 = 0,4 \text{ MN/m}^2$.

⁴⁾ $\sigma_0 = 0,6 \text{ MN/m}^2$ bei Außenwänden mit Dicken $\geq 300 \text{ mm}$. Diese Erhöhung gilt jedoch nicht für den Nachweis der Auflagerpressung und nicht für den Fall der Fußnote 3.

⁵⁾ Für Kalksandsteine nach DIN 106 Teil 1 der Rohdichteklasse $\geq 0,9$ und für Mauerziegel nach DIN 105 Teile 1 bis 4 gilt $\sigma_0 = 0,5 \text{ MN/m}^2$.

⁶⁾ Für Mauerwerk mit der Fußnote ⁵⁾ genannten Mauersteinen gilt $\sigma_0 = 0,7 \text{ MN/m}^2$.

Tabelle 2.2: Grundwerte σ_0 der zulässigen Druckspannung für Mauerwerk nach Eignungsprüfung (EM) gemäß DIN 1053 Teil 1 aus [J1].

Nennfestigkeit β_m in N/mm ²	1,0 bis 9,0	11,0 bis 13,0	16,0 bis 25,0
σ_0	0,35 β_m	0,32 β_m	0,30 β_m
β_m nach DIN 1053-2	abrunden auf 0,01 MN/m ²		

2.3.2.4 Tabellenwerte der Zug- und Biegefestigkeit des Mauerwerks in DIN 1053-1

Im Vergleich zur Druckfestigkeit ist die Zug- und Biegefestigkeit von Mauerwerk sehr gering. Senkrecht zu den Lagerfugen wird die Fähigkeit, Zug- und Biegezugbeanspruchungen aufzunehmen, fast ausschließlich von der Verbundfestigkeit zwischen Mörtel und Mauerstein bestimmt. Da diese normalerweise sehr gering ist, ist eine planmäßige Beanspruchung senkrecht zu den Lagerfugen nach DIN 1053-1 nicht zulässig.

Parallel zu den Lagerfugen wird die Zug- und Biegefestigkeit von der Steinzugfestigkeit und der Scherfestigkeit zwischen Mauersteinen und Mörtel bestimmt. Dabei hängt die Scherfestigkeit von der Haftscherfestigkeit und dem Anteil aus dem Reibungsbeiwert multipliziert mit der Normalspannung durch Auflast ab. Bei geringer Auflast ist die Haftscherfestigkeit allein bestimmend. Neben der Haftscherfestigkeit kann ein Versagen auch durch Überschreiten der Steinzug-, Steinbiegezug- und der Steinlängsdruckfestigkeit eintreten.

Tabelle 2.3: Rechenwert der Steinzugfestigkeit β_{RZ} mit Nennwert der Steindruckfestigkeit $\beta_{N,st}$ in MN/m² nach DIN 1053-1 aus [J1].

β_{RZ}		
Hohlblocksteine	Hochlochziegel und Steine mit Grifföffnungen oder Grifflöchern	Vollsteine ohne Grifföffnungen oder Grifflöcher
0,025 * $\beta_{N,st}$	0,033 * $\beta_{N,st}$	0,04 * $\beta_{N,st}$

DIN 1053-1 regelt die zulässigen Werte für Haftscherfestigkeit, Steinzugfestigkeit, Reibungsbeiwerte und die zulässigen Zug- und Biegezugspannungen sowie die Schubspannungen (Tabelle 2.4 bis Tabelle 2.6).

Tabelle 2.4: Rechenwert der Haftscherfestigkeit β_{RHS} und zulässige abgeminderte Haftscherfestigkeit σ_{OHS} in MN/m² nach DIN 1053-1 aus [J1].

Kennwert	Mörtelart, Mörtelgruppe				
	I	II	IIa, LM21, LM36	III, DM	IIIa
σ_{OHS}	0,01	0,04	0,09	0,11	0,13
β_{RHS}	0,02	0,08	0,18	0,22	0,26

Tabelle 2.5: Reibungsbeiwerte nach DIN 1053-1 aus [J1].

Rechenwert μ	Rechenwert $\bar{\mu}$ (abgeminderter Reibungsbeiwert)
0,6	0,4

Tabelle 2.6: Maximalwerte der zulässigen Zug- und Biegezugspannungen max. σ_z in MN/m² nach DIN 1053-1, Tab. 6 aus [J1].

max σ_z						
Steinfestigkeitsklasse $\beta_{N,st}$						
2	4	6	8	12	20	≥ 28
0,01	0,02	0,04	0,05	0,10	0,15	0,20

2.3.2.5 Tabellenwerte der Schubfestigkeit des Mauerwerks in DIN 1053-1

Ein durch Normal- und Schubkräfte in Scheibenebene beanspruchtes Mauerwerk versagt, je nach Größe der Druckspannungen, rechtwinklig zur Lagerfuge im Wesentlichen auf drei verschiedene Arten:

- **Fall 1:** Bei geringer Auflast versagt das Mauerwerk in der Lagerfuge infolge Reibung,

$$\gamma \cdot \tau \leq \tau_R = \bar{\beta}_{RHS} + \bar{\mu} \cdot \sigma, \quad (2.7)$$

wobei β_{RHS} der Rechenwert der abgeminderten Haftscherfestigkeit ist und γ der Sicherheitsbeiwert.

- **Fall 2:** Bei Erhöhung der Auflast kann es vor dem Versagen der Lagerfuge zu einem Reißen der Steine infolge schräger Hauptzugspannungen im Stein kommen,

$$\gamma \cdot \tau \leq \tau_R = 0,45 \cdot \beta_{RZ} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma}{\beta_{RZ}}}, \quad (2.8)$$

wobei β_{RZ} der Rechenwert der Steinzugfestigkeit ist.

- **Fall 3:** Bei sehr großen Auflasten versagt das Mauerwerk infolge schräger Hauptdruckspannungen,

$$\gamma \cdot \tau \leq \tau_R = (\beta_R - \gamma \cdot \sigma) \cdot \frac{l_{St}}{2 \cdot h_{St}}, \quad (2.9)$$

wobei l_{St} die Steinlänge und h_{St} die Steinhöhe ist.

Bild 2.13 zeigt die zu den drei Versagensarten gehörenden Kraftgrößen im Diagramm.

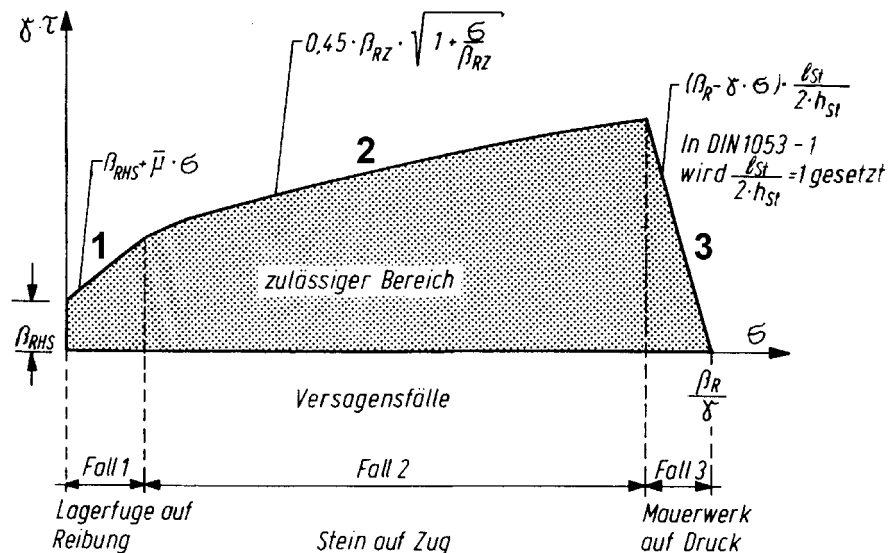


Bild 2.13: Schubtragfähigkeit von Mauerwerk über der Druckfestigkeit aufgetragen [K9].

2.3.3 Mauerwerk nach EC 6

Die charakteristische Druckfestigkeit des Mauerwerks f_k wird im Eurocode 6 [J3] wie folgt berechnet:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,65} \cdot f_m^{0,25} \quad [\text{MN/m}^2] \quad (2.10)$$

Die einzelnen Faktoren in dieser Gleichung bedeuten:

K	Festwert für Normalmörtel nach EC 6	$[\text{MN/m}^2]$,
f_b	Normierte Druckfestigkeit der Steine in Lastrichtung	$[\text{MN/m}^2]$,
f_m	Mittlere Druckfestigkeit des Normalmörtels	$[\text{MN/m}^2]$.

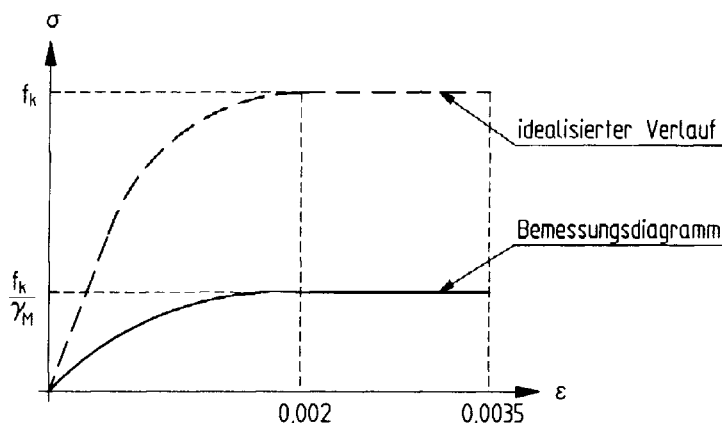


Bild 2.14: Spannungs-Dehnungsdiagramm von Mauerwerk nach EC 6 [J3].

2.3.4 Mauerwerk aus Naturstein

2.3.4.1 Eigenschaften von Natursteinmauerwerk nach Schubert

Schubert (1993) [S11] hat die wichtigsten Festigkeits- und Verformungseigenschaften sowie feuchtetechnischen Kennwerte von Natursteinen und Mörtel zusammengestellt:

Tabelle 2.7: Anhaltswerte für Druckfestigkeit β_D , Biegezugfestigkeit β_{BZ} , Druck E-Modul, Schleifverschleiß aus [S11].

Naturstein	β_D	β_{BZ}	$E_D \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$	Schleif- verschleiß $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$
	N/mm^2			
Granit, Syenit	160 ... 240	10... 20	40 ... 80	5 ... 8
Diorit, Gabbro	170 ... 300	10 ... 22	100 ... 120	
Porphyre	180 ... 300	15 ... 20	20 ... 160	
Basalt	250 ... 400	15 ... 25	50 ... 100	
Basaltlava	80 ... 150	8 ... 12		12 ... 15
Diabas	180 ... 250	15 ... 25	60 ... 120	5 ... 8
Quarzit, Grauwacke	150 ... 300	13 ... 25	50 ... 80	5 ... 10
quarzit. Sandsteine	120 ... 200	12 ... 20	20 ... 70	
sonstige Sandsteine	30 ... 180	3 ... 15	5 ... 30	10 ... 30
dichte Kalksteine Dolomite, Marmore	80 ... 180	6 ... 15	60 ... 90	15 ... 40
sonstige Kalksteine	20 ... 90	5 ... 8	40 ... 70	35 ... 100
Travertin	20 ... 60	4 ... 10	20 ... 60	
vulkan. Tuffsteine	5 ... 25	1 ... 4	4 ... 10	20 ... 60
Gneise, Granulit	160 ... 280	13 ... 25	30 ...80	4 ... 10
Serpentin	140 ... 250	25 ... 35		5 ... 20

In zahlreichen Fällen werden die Verformungseigenschaften von Mauerwerk, Mauersteinen und Mörtel benötigt. Für den Bereich der Instandsetzung und Erhaltung von alten Bauwerken sind die Kennwerte für künstliche Ziegel und Rezeptmörtel allerdings nicht anwendbar.

Tabelle 2.8: Anhaltswerte für Wärmeausdehnungskoeffizient α_T , Schwind- und Quelldéhnung ε_s , ε_q aus [S11].

Naturstein	α_T $10^{-6}/K$	ε_s , ε_q mm/m
Granit, Syenit	5 ... 11	0 ... 0,2
Diorit, Gabbro	4 ... 8	
Porphyre	5	
Basalt	5 ... 8	0,4
Basaltlava		
Diabas	4 ... 7	0 ... 0,2
Trachyt	12,5	
Quarzit, Grauwacke	10 ... 12	0 ... 0,1
quarzit. Sandsteine sonstige Sandsteine	8 ... 12	0,3 ... 0,7
dichte Kalksteine Dolomite, Marmore	5 ... 10	
sonstige Kalksteine	4 ... 12	0,1 ... 0,2
Travertin		
vulkan. Tuffsteine	6 ... 10	0,2 ... 0,6
Gneise, Granulit		
Serpentin		0,1 ... 0,2

Für Natursteine und Natursteinmauerwerk beinhalten Tabelle 2.7 und Tabelle 2.8 die wichtigsten Kennwerte.

Der Druck-E-Modul E_D wird als Sekantenmodul bei etwa ein Drittel der Höchstspannung (Druckspannung senkrecht zur Lagerfuge) und einmaliger Belastung definiert. Er wird nach DIN 18554 Teil 1 ermittelt. Der E-Modul E_D wird bezogen auf die Mauerwerksdruckfestigkeit β_D berechnet und ist im Mittel

$$E_D = 1000 \beta_D \quad (2.11)$$

Je nach Stein-Mörtelkombination ergeben sich E_D -Werte im Bereich von $500 \beta_D$ bis $1500 \beta_D$.

Der Schleifverschleiß dient als Kennwert für das Abnutzungsverhalten.

Schwind- und Quelldéhnungszahlen geben Auskunft über den Einfluss von Feuchtigkeit.

Tabelle 2.9: Querdehnungsmodul E_q der Zuschläge aus [J1].

Zuschlag	ρ_d	β_D	E_q
	Wertebereich		
	kg/dm ³	N/mm ²	10 ³ N/mm ²
Sand DIN 4226 Teil 1	1,5 ... 2,0	1,5 ... 41	6,4 ... 154
Perlite	0,5 ... 1,1	4 ... 14	9 ... 17
Naturbims	0,8 ... 1,1	3 ... 14	13 ... 30
Blähton	0,5 ... 1,1	3 ... 22	4 ... 61
Blähton/ Naturbims	1,0	5 ... 9	28 ... 29
Blähschiefer/ Naturbims	1,2	6 ... 21	36 ... 48
Blähschiefer	1,2 ... 1,3	13 ... 25	45 ... 72
Polystyrol	0,7 ... 1,1	6 ... 13	10 ... 12
ρ_d : Trockenrohdichte β_D : Normdruckfestigkeit			

Bei Mauermörtel wird zwischen Querdehnungsmodul E_q und Längsdehnungsmodul E_l unterschieden.

Der Querdehnungsmodul E_q kennzeichnet das Verformungsverhalten des Mörtels und ist als Sekantenmodul aus einem Drittel der maximalen Druckspannung und der zugehörigen Querdehnung ε_q definiert. Er wird an Mörtelprismen nach DIN 18555 Teil 4 ermittelt. Ist der Querdehnungsmodul deutlich kleiner als der des Steines, entstehen zusätzliche Querkzugspannungen im Stein, wodurch die Mauerwerksfestigkeit verringert wird.

Der Längsdehnungsmodul E_l wird aus der Normdruckfestigkeit β_d für Normalmörtel berechnet.

$$E_l = 2100 \cdot \beta_D^{0,7} \quad (2.12)$$

Weitere wichtige Eigenschaften des Mörtels sind das Schwinden, Kriechen und die Verbundeigenschaften von Stein und Mörtel.

Schwinden und Kriechen beeinflussen die Verformungseigenschaften von Mauerwerk und dessen Riss-Sicherheit.

Die Haftscherfestigkeit zwischen Mörtel und Stein nimmt Einfluss auf die Biegezug-, Zug- und Schubtragfähigkeit. Die Haftzugfestigkeit nimmt Einfluss auf die Zug- und Biegezugfestigkeit des Mauerwerkes.

Die Anhaltswerte für Haftscherfestigkeiten aus [J1] gelten allerdings nur für Mauerwerk aus künstlichen Ziegeln und Rezeptmörtel.

2.3.4.2 Eigenschaften von Natursteinmauerwerk nach Berndt

Berndt [B2] hat 1996 im Zusammenhang mit dem Wiederaufbau der Frauenkirche in Dresden an der Technischen Universität Dresden umfangreiche Versuche an Mauerwerk aus Elbsandstein durchgeführt. Er hat die daraus abgeleiteten baumechanischen Zusammenhänge für Mauerwerksstrukturen verallgemeinert, die einem Quader- oder Schichtenmauerwerk aus Naturstein, aber auch einem Mauerwerk aus künstlichen Steinen entsprechen.

Die wesentlichen Ursachen des Versagens unter Druckbeanspruchung nach *Berndt* [B2] sind darauf zurückzuführen, dass das unterschiedliche Querdehnverhalten von Steinen und Lagerfugenmörtel und die damit verbundenen unterschiedlichen horizontalen Verformungen sowie das Verhältnis von Fugendicke t zu Steinhöhe h einen erheblichen Einfluss auf die Querkzugbeanspruchung des Mauerwerks ausüben.

Die Querverformungen verteilen sich über die Steinhöhe relativ gleichmäßig, die Spannungen dagegen nicht. Die größten Querkzugspannungen entstehen im Stein nahe der Kontaktfläche zum Mörtel der Lagerfuge und hier besonders in den Eckbereichen.

Risse sind bei sehr festen und bis zum Bruch des Steins geschlossenen Mörtelfugen dicht an der Steinecke oder nahe an der Steinoberfläche festzustellen. Voraussetzung dafür ist ein druck- und hafter Mörtel, der auch extreme Schubspannungsänderungen auf den Stein übertragen kann.

Weniger feste Mörtel beginnen deutlich vor der Entstehung der ersten Steinrisse auszubröckeln. Allerdings beginnt dieser Vorgang erst bei der zwei- bis fünffachen einachsigen Mörteldruckfestigkeit. Diese relativ hohen Spannungswerte sind mit dem räumlichen Spannungszustand in der Lagerfuge zu erklären.

Der dreiachsige Druckspannungszustand ist im Inneren der Fuge ausgeprägter und er nimmt zur Außenseite hin deutlich ab. Zusätzliche Haftungs- und Reibungskräfte verzögern das Ausbröckeln. Im Inneren der Lagerfuge ist der mehrachsige Druckzustand mit einem hydrostatischen Spannungszustand zu vergleichen. Dadurch lassen sich die deutlichen Verfestigungen des Mörtels auch bei Mörteln mit geringeren Bindemittelanteilen, wie sie bei alten Bauwerken vorkommen, deuten.

Durch das Ausbröckeln der Fugen entstehen zusätzliche Spaltzugspannungen in Querrichtung. Außerdem wird die Kraft über die Fläche der Lagerfuge durch die örtliche Mörtelverfestigung ungleichmäßig übertragen. Die Annahme einer vollfugigen Lagerfuge kann also nur für Dünnbettmörtel getroffen werden. Bei dickeren Fugen von $t = 5,0$ bis $30,0$ mm führen die großen Schubspannungen am Rand zu einer Aufhebung der Haftung über eine Tiefe von ca. $t/2$, was zum Teil schon durch die nicht vollfugige Ausfüh-

ung verursacht ist. Deutlich vor dem Versagen des Mauerwerks versagt der Randmörtel.

Das Druckversagen des Mauerwerks wird durch fast lotrecht verlaufende Risse in den Steinen ausgelöst. Es beginnt bei ca. 75 % bis 85 % der Bruchlast für Sandstein-Mauerwerk in MG I bzw. II und bei 90 % bis 95 % bei Dünnbettmörtel. Sandstein-Mauerwerk mit Dünnbettmörtel versagt ohne Ankündigung (Spröbruchversagen). Bei niederfesten Mörteln dagegen werden nach Erreichen der zweiachsigen Steinzugfestigkeit zuerst Risse sichtbar, die sich erweitern. Schließlich brechen sie, wenn die Struktur sichtbar zerstört ist.

2.3.5 Natursteinmauerwerk in DIN 1053-1

DIN 1053-1 unterscheidet bei Natursteinmauerwerk die Druckfestigkeiten nach Gesteinsarten. Die Mindestdruckfestigkeit liegt zwischen 20,0 N/mm² und 120,0 N/mm² (Tabelle 2.11). Die Einteilung des Natursteinmauerwerks in vier Güteklassen erfolgt über Fugenhöhe/Steinlage, Neigung der Lagerfuge und den Übertragungsfaktor (Tabelle 2.10). Abhängig von der Mörtelgruppe werden dann die Grundwerte σ_0 der zulässigen Druckspannungen nach Tabelle 2.12 angegeben.

Natursteine besitzen eine höhere Festigkeit als künstliche Steine, daher sind auch die maximalen Grundwerte für Natursteinmauerwerk höher. Fugen, die dicker als 40 mm sind, verringern jedoch die Mauerwerksfestigkeit um 20 %.

Tabelle 2.10: Anhaltswerte zur Güteklasseneinstufung von Natursteinmauerwerk nach DIN 1053-1, Tab. 13 aus [J1].

Güte- klasse	Grundein- stufung	Fugen- höhe/ Stein- länge h/l	Nei- gung der Lager- fuge tan α	Über- trags- faktor η
N 1	Bruchstein- mauerwerk	$\leq 0,25$	$\leq 0,30$	$\geq 0,50$
N 2	Hammerrech - tes Schichten- mauerwerk	$\leq 0,20$	$\leq 0,15$	$\geq 0,65$
N 3	Schichten- mauerwerk	$\leq 0,13$	$\leq 0,10$	$\geq 0,75$
N 4	Quader- mauerwerk	$\leq 0,07$	$\leq 0,05$	$\geq 0,85$

Tabelle 2.11: Mindestdruckfestigkeiten von Gesteinsarten nach DIN 1053-1, Tab. 12 aus [J1].

Gesteinsarten	Mindest- druck- festigkeit N/mm ²
Kalkstein, Travertin, vulkanische Tuffsteine	20
Weiche Sandsteine (mit tonigem Bindemittel) und dergleichen	30
Dichte (feste) Kalksteine und Dolomite (einschließlich Marmor), Basaltlava und dergleichen	50
Quarzitische Sandsteine (mit kieseligem Bindemittel), Grauwacke und dergleichen	80
Granit, Syenit, Diorit, Quarzporphyr, Melaphyr, Diabas und dergleichen	120

Tabelle 2.12: Grundwerte σ_0 der zulässigen Druckspannungen für Natursteinmauerwerk mit Normalmörtel nach DIN 1053-1, Tab. 14 aus [J1].

Güte- klasse	Stein- festig- keit β_{st} N/mm ²	Grundwerte σ_0 ¹⁾			
		Mörtelgruppe			
		I	II	Ila	III
		MN/m ²			
N 1	≥ 20	0,2	0,5	0,8	1,2
	≥ 50	0,3	0,6	0,9	1,4
N 2	≥ 20	0,4	0,9	1,4	1,8
	≥ 50	0,6	1,1	1,6	2,0
N 3	≥ 20	0,5	1,5	2,0	2,5
	≥ 50	0,7	2,0	2,5	3,5
	≥ 100	1,0	2,5	3,0	4,0
N 4	≥ 20	1,0	2,0	2,5	3,0
	≥ 50	2,0	3,5	4,0	5,0
	≥ 100	3,0	4,5	5,5	7,0
¹⁾ Bei Fugendicken über 40 mm sind die Grundwerte σ_0 um 20 % zu vermindern					

Für Natursteinmauerwerk der Güteklassen N1 bis N3 sind Zugspannungen im Regelfall nicht zulässig.

Bei Güteklasse N4 gilt sinngemäß Tabelle 6 der DIN 1053-1 (Tabelle 2.6) mit max. $\sigma_0 = 0,2 \text{ MN/m}^2$.

2.4 Festigkeiten von historischem Mauerwerk

Sandstein galt vor Einführung künstlicher Ziegel als bevorzugtes Baumaterial von Gebäuden und Brücken. Sandstein ist ein Sedimentgestein, das aus verschiedenen durch mechanische Verwitterung zertrümmerten Ausgangsgesteinen entstanden ist. Sandstein gehört zu den durch Druck verfestigten Sanden, die überwiegend aus Quarz, Feldspat, Glimmer und anderen Mineralien bestehen. Quarzite besitzen hohe Festigkeiten und Wetterbeständigkeit.

Über die Belastbarkeit von Mauerwerk aus Sandstein wurden bereits ab Ende des 19. Jahrhunderts Angaben gemacht.

Die Festigkeiten bei offiziellen Sandsteinprüfungen lagen um 1887 bei bis zu 100,0 N/mm².

1891 wurden im „*Handbuch der Architektur*“ für „platten- oder klotzförmige“ Sandsteine ohne Mörtel Druckfestigkeiten von 46,0 N/mm² angegeben, und die zulässigen Belastungen betrugen 4,6 N/mm². Für Bruchsteinmauerwerk in Zementmörtel verringert sich die zulässige Belastung auf 2,5 N/mm². Bei Quadersandsteinen mit einer Druckfestigkeit von 68,0 N/mm² beträgt die zulässige Belastung 6,8 N/mm² oder mit Zementmörtel 3,7 N/mm².

1903 hat O. Warth in seinen „*Konstruktionen in Stein*“ für „gewöhnliches gutes Bruchsteinmauerwerk“ 0,7 bis 0,9 N/mm² angesetzt. Für „bestes Schichtenmauerwerk“ in Zementkalk sind es 1,1 bis 4,2 N/mm² und für „Säulen und Pfeiler“ 1,0 bis 2,0 N/mm². Quadermauerwerk aus Sandstein hat eine zulässige Belastung von 1,5 bis 3,0 N/mm². Es wurden Bruchfestigkeiten von 36,0 bis 120,0 N/mm² festgestellt.

Tabelle 2.13: Mittlere Druckfestigkeiten von Sandstein, Mörtel und Mauerwerksp Prismen, E-Modul des Mauerwerkes, keine Stoßfugen aus [S24].

Lagerfuge	Stein β_{DS}	Mörtel β_{DM}	Mauerwerk β_{MW}	Elastizitätsmodul E des Mauerwerkes
2 cm rauh	87,5	43,5	46,4	7900
2 cm glatt	87,5	50	36,5	7500
3 cm glatt	87,5	50	33,9	8400

Gaber [G3] hat 1934 ausführliche Versuche mit Mauerwerkskörpern durchgeführt, bestehend aus drei Quadern b/d/h = 30/30/15 cm aus Granit, Sandstein und Kalkstein und einem hochfesten Zementmörtel mit Rheinsand 1:3.

Der Elastizitätsmodul wurde für das Sandstein-Mauerwerk zu $E_D = 7.500 \text{ N/mm}^2$ bestimmt. Der E-Modul für den reinen Stein beträgt dabei $E_{DS} = 14.800 \text{ N/mm}^2$.

Die Mauerwerksfestigkeit hängt mehr von der Stein- als von der Mörtelfestigkeit ab. Stoßfugen bei Quadermauerwerk beeinflussen weder die Festigkeit noch das elastische Verhalten. Raue Fugen sind immer günstiger für die Druckfestigkeit als glatte. Die Prismenfestigkeit des Mauerwerkes kann bis zur halben Würfeldruckfestigkeit des Steins ansteigen. Bei vierfacher Sicherheit können mit hochwertigem Zementmörtel für Quadermauerwerk aus Sandstein Mauerwerksfestigkeiten von $11,0 \text{ N/mm}^2$ angesetzt werden.

Für Gewölbe aus regelmäßigem Schichten- und Quadermauerwerk werden Mauerwerksfestigkeiten von $8,0 \text{ N/mm}^2$ als zulässig erachtet.

Der E-Modul für Quader- und regelmäßiges Schichtenmauerwerk kann mit 8.000 N/mm^2 angenommen werden. Die Wärmeausdehnungszahl beträgt für Sandsteinmauerwerk $\alpha_T = 1,3 \cdot 10^{-5} [\text{K}^{-1}]$.

2.5 Mauerwerksfestigkeiten des Bahrmühlenviadukts

Für die Umbaumaßnahmen am Bahrmühlenviadukt wurde von Professor Grieger, Hochschule für Technik und Wissenschaft in Dresden, im Jahr 1997 ein Gutachten über den Zustand und die Festigkeit des vorhandenen Mauerwerks des Bahrmühlenviaduktes angefertigt [G10/11].

Tabelle 2.14: Einstufung des Mauerwerks des Viadukts und aus Materialuntersuchungen ermittelte Festigkeiten [G10/11].

Bauteil	Einstufung	Gesteinsfestigkeit [N/mm ²]	Mörtelgruppe, Mörtelfestigkeit [N/mm ²]	Mauerwerks- festigkeit [N/mm ²]
Bögen	Quadermauerwerk (Sandstein) mit engen Fugen (ca. 1,0 cm)	35,0 - 53,0 im Mittel 43,0	MG IIa Festigkeit nicht ermittelt	(11,0 – 16,0 im Mittel 13,7) Versuchswerte nicht repräsen- tativ
Pfeiler	hammerrechtes Schichtenmauer- werk (metamorphoser Serpentin)	132,0 – 143,0	MG IIa ca. 5,0	41,0 – 68,0 im Mittel 54,0
	Sandsteinbänder als Quadermau- erwerk	30,0 – 54,0	MG IIa Festigkeit nicht ermittelt	Festigkeit nicht ermittelt
Fundamente	Bruchstein- mauerwerk	96,0 – 241,0 im Mittel 162,0	MG III 8,0 – 13,0 im Mittel 10,0	9,0 – 20,0 im Mittel 15,0
	Granitbänder als Quadermauerwerk	Festigkeit nicht ermittelt		Festigkeit nicht ermittelt
Aufmauerungen auf den Bögen (Spandriwwände, Stirnwände)	hammerrechtes Schichtenmauer- werk	Festigkeit nicht ermittelt	MG IIa Festigkeit nicht ermittelt	Festigkeit nicht ermittelt
Auffüllung (über Pfeilerkopf)	Bruchstein- mauerwerk (Porphyr)	Festigkeit nicht ermittelt	Kalkmörtel, Festigkeit gering	Festigkeit gering

Durch die Entnahme von Bohrproben wurden der E-Modul, die Druckfestigkeit, die Rohdichte und der Sulfatgehalt der Steine, des Mörtels und des Mauerwerks ermittelt.

Der Erhaltungszustand des Mauerwerks wird in dem Gutachten [G10/11], von einigen Rissen und oberflächlichen Witterungsschäden abgesehen, als gut bezeichnet.

Fünf verschiedene Gruppen beschreiben das Mauerwerk des Bahrmühlenviaduktes:

Das Schichtenmauerwerk in den Pfeilern, das Quadermauerwerk in den Gewölben, das Bruchsteinmauerwerk in den Fundamenten, das Schichtenmauerwerk der Stirnwände und der Spandrillwände und das Bruchsteinmauerwerk in den Auffüllungen über den Pfeilerköpfen.

Die Bögen des Bahrmühlenviaduktes bestehen aus Sandsteinquader-Mauerwerk mit engen Fugen mit einer Gesteinsfestigkeit von 35,0 bis 53,0 N/mm² und einer Mauerwerksfestigkeit von 11,0 bis 16,0 N/mm².

Die Aufmauerungen sind ein hammerrechtes Schichtenmauerwerk aus Serpentin (Serpentin ist ein aus Graniten entstandener marmorähnlicher Stein). Der Mörtel in der Aufmauerung wurde der Mörtelgruppe in [G10/11] IIa zugeordnet.

Der E-Modul der Steine wurde überschlägig auf 16.000 bis 20.000 N/mm² eingeschätzt [G10/11]. Unter Berücksichtigung des Mörtels, dem ein maximaler E-Modul von 1.000 N/mm² [G10/11] zugeordnet wurde, ergibt sich für das Bogenmauerwerk des Bahrmühlenviaduktes ein rechnerischer Wert E-Modul von 12.000 bis 16.000 N/mm² [G10/11].

3. Tragverhalten gemauerter Bogenbrücken

3.1 Allgemein

Gemauerte Gewölbebrücken sind Massivbrücken aus natürlichen oder künstlichen Steinen. Ihr für das Tragverhalten wesentlicher Bestandteil ist das unterhalb der Fahrbahn angeordnete Gewölbe. Der Bereich zwischen Fahrbahn und Gewölbe wird „Aufbau“ genannt.

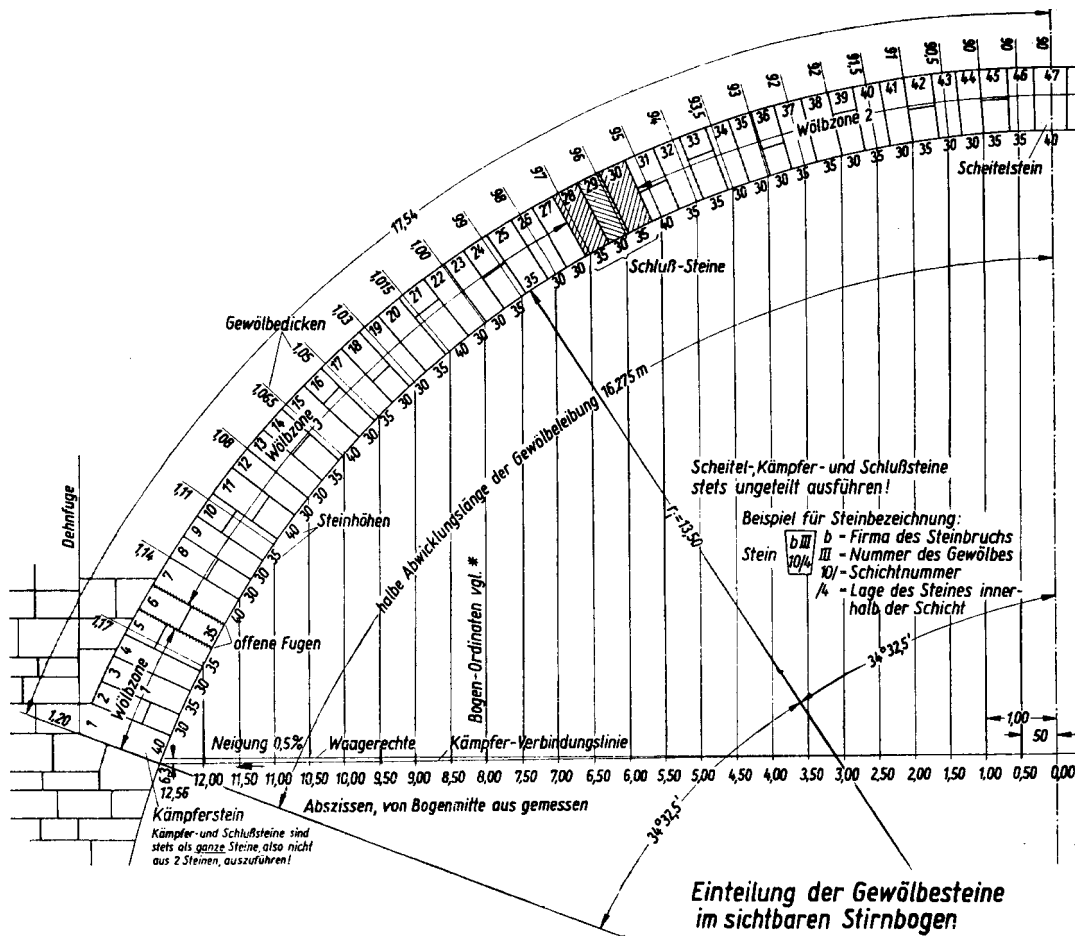


Bild 3.1: Vertikalschnitt durch ein Gewölbe. Kämpfer- bis Scheitelbereich sind dargestellt [K4].

Das Gewölbe wird nach der Stützlinie der vorherrschenden Beanspruchungen geformt – bei den behandelten Eisenbahnbrücken also nach dem Eigengewicht der Brücke –. Die Eigengewichtslasten können dann über Normalkraft im Gewölbe abgetragen werden.

Gewölbebrücken werden im Allgemeinen als Zweigewölbe ausgeführt, wobei letztere Konstruktion äußerlich statisch bestimmt ist. Der Kämpfer, das ist der Auflagerpunkt des Gewölbes, lagert ganzflächig auf dem Widerlager auf.

Der Aufbau wird massiv, das heißt durch eine von Längs- und Querwänden eingefasste Auffüllung oder zur Verminderung des Eigengewichtes durch aufgelöste Aufbauten aus-

gebildet. Bei aufgelösten Aufbauten lagert der Eisenbahnoberbau auf Platten auf. Diese Platten stützen sich auf die längs- oder quergegliederten Wände ab und bilden so einen Abschluss nach unten.

Gewölbebrücken sind wegen ihres überwiegenden Lastabtrages über Drucknormalkräfte im Vergleich zu den auf Biegung abtragenden Balkenbrücken in Stahl- oder Massivbauweise bei Überlastungen „gutmütiger“.

Die Nachrechnung bzw. Einstufungsberechnung alter Brücken ist wegen der oft nicht vorhandenen statischen Berechnungen und Zeichnungen jedoch schwierig. In solchen Fällen wird versucht, die Brücke mit Hilfe eines ebenen Stabwerksprogramms, das die Mitwirkung der Aufbauten nicht berücksichtigt, vereinfacht nachzurechnen.

Oft ergibt eine solche Berechnung, dass die über Jahrzehnte schadensfrei funktionierende Brücke rechnerisch bereits auf Grund ihres Eigengewichts unzulässig hohe Spannungen im Mauerwerk erfährt. Offensichtlich weichen die angewendeten Berechnungsmodelle sehr vom tatsächlichen Tragverhalten gemauerter Gewölbebrücken ab.

3.2 Bogen- und Gewölbeformen

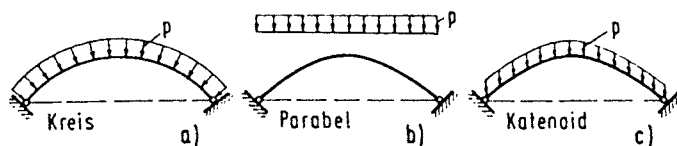


Bild 3.2: Skizze von möglichen Bogenformen [P2].

Die Berechnung der Bogenform im kartesischen Koordinatensystem erfolgt mit folgenden Gleichungen:

$$y = r - \sqrt{r^2 - x^2} \quad (\text{Kreisgleichung}) \quad (3.1)$$

mit r = Radius

$$y = 4f \cdot \left(\frac{x}{l}\right)^2 \quad (\text{Parabelgleichung}) \quad (3.2)$$

mit f = Parabelstich, l = Stützweite

$$y = \frac{f \cdot \cos \alpha}{(1 - \cos \alpha)} \cdot \frac{1 - \cos \psi}{\cos \psi} \quad (\text{Katenoidgleichung}) \quad (3.3)$$

mit α = Anschnittwinkel am Kämpfer und ψ = Öffnungswinkel.

In Bild 3.2 sind die drei wichtigsten Formen von Bogenbrücken (der Kreisbogen, der parabelförmige Bogen und der katenoidförmige Bogen) dargestellt. Die Be-

Ob es sich bei einem Brückenbauwerk um eine (flachere) Bogen- oder um eine (steilere) Gewölbekonstruktion handelt, wird aus dem Verhältnis der Pfeilhöhe (Bogenstich) f zur Stützweite l abgeleitet [P2] (Bild 3.3): Bei einem Verhältnis von $f/l > 0,33$ handelt es sich um ein Gewölbe, bei einem Verhältnis $f/l < 0,33$ handelt es sich um eine Bogenkonstruktion.

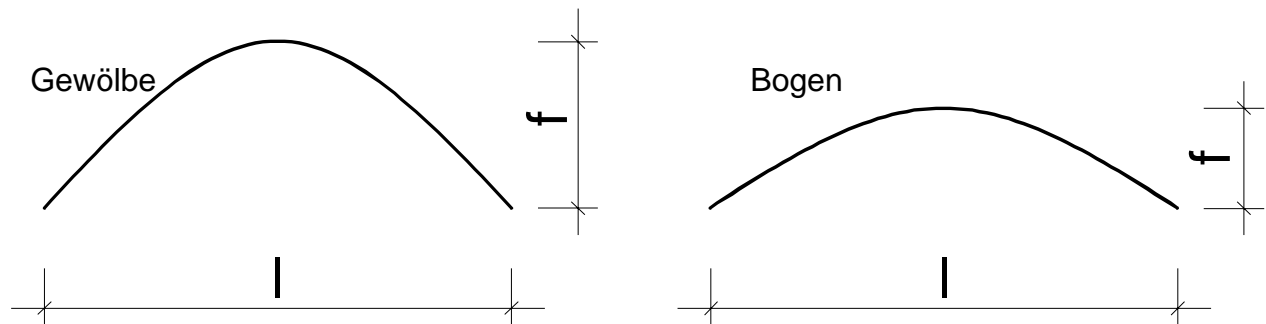


Bild 3.3: Skizze einer Gewölbe- und einer Bogenkonstruktion [P2].

3.3 Statische Systeme

Der Einfluss der Aufbauten auf das Tragverhalten gewölbter Brücken ist bisher noch unzureichend untersucht worden, ihre Mitwirkung jedoch ist unstrittig.

Kern [K2] mahnt schon 1941, dass die Herauslösung des Bogens bei der Berechnung aus dem Gesamtbauwerk zu beträchtlichen Fehlern bei der Berechnung führen kann. Das Bauwerk sollte als Ganzes betrachtet werden.

Mörsch [M10/11] erläutert 1947 statische Grundlagen für Bogen- und Gewölbetragwerke. Der Dreigelenkbogen besitzt den Vorteil, dass er statisch bestimmt und dadurch leichter zu berechnen ist. Durch die Gelenke im Kämpfer und Scheitel sind die Kraftverläufe festgelegt. Wegen der statisch bestimmten Lagerung sind Dreigelenkbogen unempfindlicher gegen Setzungen und Temperaturschwankungen. Fest eingespannte Bogen sind dagegen dreifach statisch unbestimmt. Die Berechnung der Schnittgrößen und der Verformung ist nur mit Hilfe der Elastizitätsgleichungen möglich, Setzungen und Temperaturschwankungen erzeugen zusätzlich Zwangsbeanspruchungen im Bogen.

Schreyer [S9] erklärt 1960 in seiner "Praktischen Baustatik" die statischen Tragmodelle von Bogen und Gewölben. Sie sind im statischen Sinn Tragwerke mit gekrümmter Stabachse und zwei festen oder eingespannten Auflagern. Man unterscheidet Gewölbe ohne Gelenke und mit Gelenken.

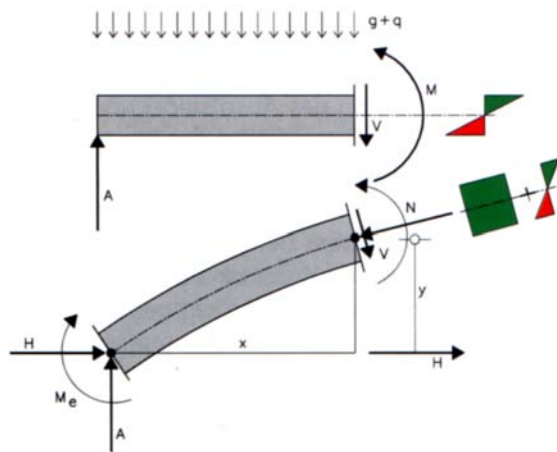


Bild 3.4: Gegenüberstellung der Tragwirkung von Balken und Bogen [P1].

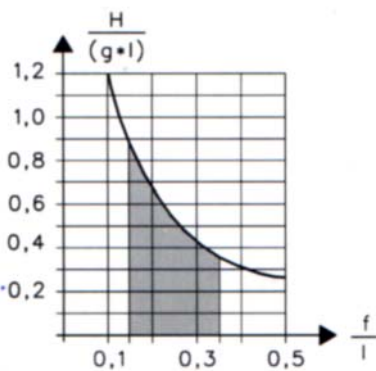


Bild 3.5: Graphische Darstellung der Abhängigkeit der H-Last vom Bogenstich [P1].

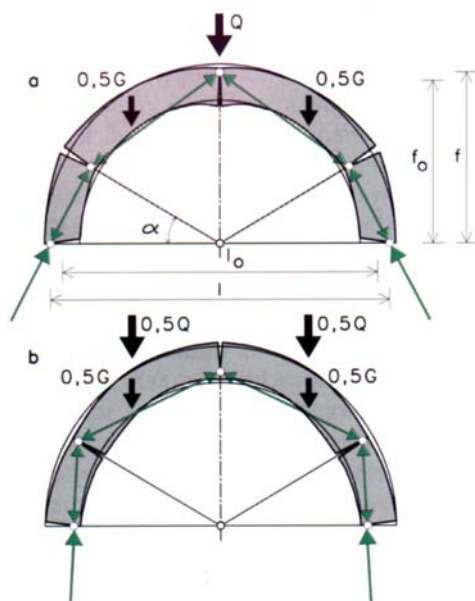


Bild 3.6: Skizze von Einzellasten auf dem Bogen und resultierende Kräften im Bogen [P1].

Der statische Unterschied zwischen Bogen und Balken wird sehr deutlich von Pauser [P1] beschrieben (Bild 3.4, Druckspannungen sind grün und Zugspannungen rot dargestellt).

Am Balken entstehen durch eine gleichmäßige Belastung in erster Linie Momente und davon abgeleitet die Querkraft und die Verformung. Die Querkraft ist erst in zweiter Linie bestimmend (Auflagerreaktionen erfolgen nur senkrecht gerichtet). Beim Bogen treten als Auflagerreaktionen infolge Belastung aus dem Eigengewicht g neben Vertikalkräften auch nicht unerhebliche Horizontalkräfte H auf. Die Größe der Horizontalkräfte ist dabei abhängig vom Verhältnis des Bogenstichs f zur Stützweite l .

Die Normalkraft im Bogen ist die bestimmende Größe für die Form und das Tragverhalten. Bild 3.5 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Bogenstich-Stützweitenverhältnis und der Größe der Horizontalkraft. Wird der Bogen durch Einzellasten beansprucht, beeinflusst zusätzlich auch der Ort

der Last das Tragverhalten des Bogens. Eine Einzellast Q im Scheitel, wie im Bild 3.6 dargestellt, bewirkt ein Senken des Scheitels. Mit dieser Verformung werden sich Risse ungefähr in Höhe der Viertelpunkte am Außenrand des Bogens, am Innenrand des Scheitels und am Innenrand im Auflagerbereich einstellen. Bei größer werdender Last bewirkt diese Rissbildung eine Verkleinerung der Druckübertragungsflächen, es stellen sich in den Viertelpunkten, im Scheitel und im

Auflagerbereich sogenannte plastische Gelenke ein. Verbindet man jetzt die "Gelenke" miteinander, erhält man die theoretische Achse für den Lastabtrag nach der Rissbildung (Bild 3.6). Der Bogen antwortet auf die Lasterhöhung mit einer gleichsinnigen Veränderung der Pfeilhöhe (wird größer) und der zugehörigen Spannweite (wird größer), was sich positiv auf den Lastabtrag im Bogen auswirkt (Bild 3.5).

Einzellasten in den Viertelpunkten dagegen verursachen genau entgegengesetzte Risse im Scheitel, in den Auflagern und in den Viertelpunkten. Auch hier erfährt das Bogentragwerk eine gleichsinnige Änderung der wirksamen Pfeilhöhe (wird kleiner) und der wirksamen Spannweite (wird kleiner) (Bild 3.6).

Dies zeigt deutlich, dass der Kräfteverlauf eines Bogens nicht grundsätzlich durch die Schwerachse geht, sondern dass besonders bei Einzellasten die Resultierende aus der Schwerachse herauswandert und damit extreme Stauchungen und Dehnungen auftreten können.

Deutlich wird auch, dass sich für jeden Lastfall eine andere Stützlinie einstellt. Es ist nicht möglich, einen Bogen nach der Stützlinie für unterschiedliche Lastfälle zu konstruieren. Deshalb sollte die Mittellinie des Bogens oder Gewölbes möglichst mit der Stützlinie für die ständige Last übereinstimmen.

Für Lasten mit davon abweichender Stützlinie wird das Gewölbe auf Biegung beansprucht. Es ist nachzuweisen, dass die zulässigen Grenzwerte für Zug- und Druckbeanspruchung eingehalten werden und die Fuge nicht über die Schwerachse klappt (Resultierende im Kern).

3.3.1 Stützlinie

Durch äußere Lasten werden in Bogentragwerken vornehmlich Druckkräfte (Gewölbewirkung) hervorgerufen.

Für die Konstruktion des Bogens wird im Allgemeinen für die Bogenachse die Stützlinie infolge ständiger Last, d.h. sein Eigengewicht, gewählt, zuzüglich ein Anteil aus Verkehrslast.

Unter der Stützlinienbelastung (die Last, mit der die Stützlinie berechnet wurde) ist ein solcher Bogenträger dann momentenfrei. Im Bogen treten dann nur noch Druckkräfte auf, wenn die mit der Druckstauchung der Bogenachse einhergehende Änderung der Bogenform unberücksichtigt bleibt.

In Bild 3.7 ist dieser Zusammenhang skizzenhaft dargestellt.

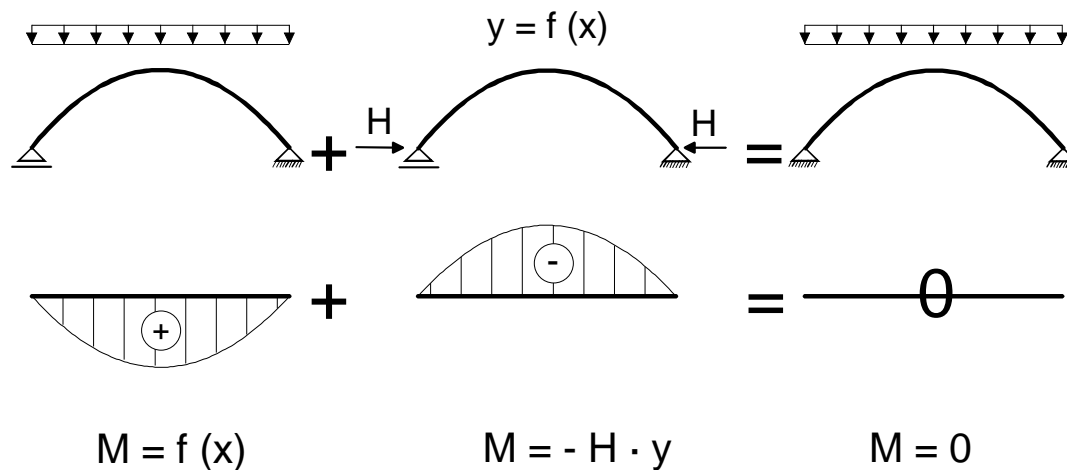


Bild 3.7: Skizzenhafte Darstellung der Momentenlinie infolge gleichmäßig verteilter Streckenlast auf ein Bogentragwerk mit einer Bogenform, die der Stützlinie entspricht.

3.3.2 Knicklast und Bogenform

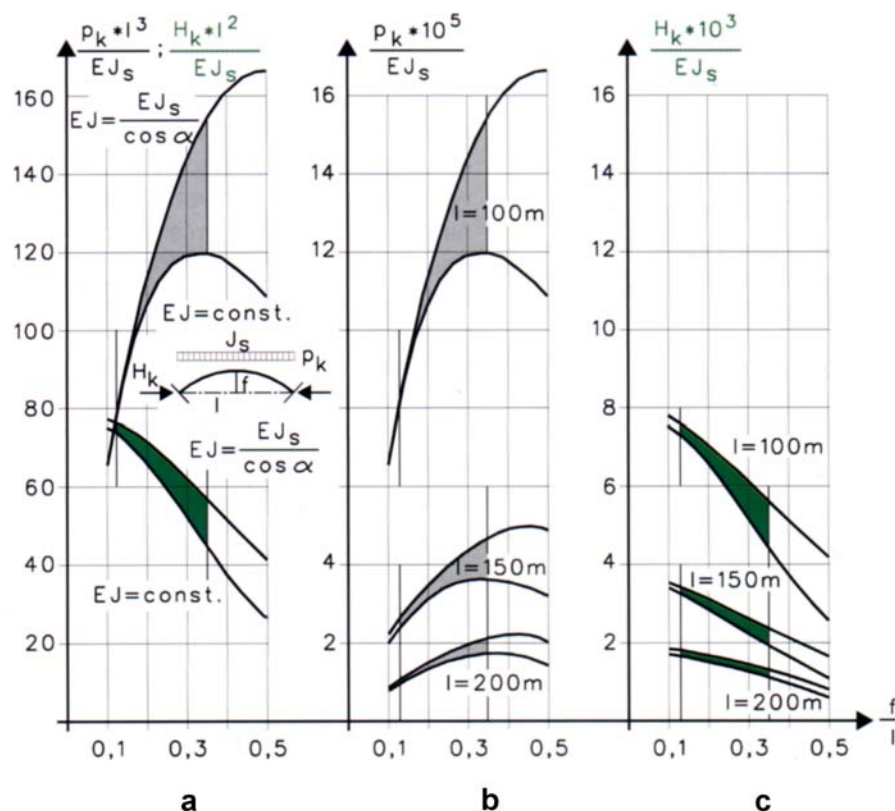


Bild 3.8: Kritische Last p_k und kritische Horizontallast eines Parabelbogens bei unterschiedlichem Pfeilverhältnis für eine konstante und stetig veränderliche Bogendicke [P1].

Bild 3.8c zeigt die Änderung der Horizontalkraft in Abhängigkeit von der Stichhöhe für drei verschiedene Stützweiten. Auf Bild 3.8b ist zu sehen, wie sich die Druckkräfte im Bogen in Abhängigkeit von der Stichhöhe für diese Stützweiten ändern.

Ab einem Verhältnis der Stichhöhe zur Stützweite von 0,3 f/l nimmt die aufnehmbare Knicklast ab, obwohl auch die Druckkräfte im Bogen kleiner werden. Verantwortlich dafür ist die deutliche Vergrößerung der Knicklänge im Bogen gegenüber 0,1 f/l .

Bild 3.8a zeigt für eine Stützweite von 100,0 m die Änderung der Knick- und Horizontal-last. Die untere Begrenzung der Kurven zeigt dabei den Verlauf für eine konstante Steifigkeit des Bogens. Die obere Begrenzung der Kurven zeigt den Verlauf mit sich ändernden Steifigkeiten über die Bogenlänge.

3.3.3 Der Bogen als Flächentragwerk

Braune [B8] hat bei Verzerrungsmessungen an breiten Gewölben festgestellt, dass örtlich eingetragene Lasten, ähnlich wie bei ebenen Flächentragwerken, mehrachsig abgetragen werden können. Entsprechend der großen Breite im Verhältnis zur Dicke des Gewölbes herrscht im Gewölbebogen ein Spannungszustand, der auch bei flächenartigen Bauteilen angetroffen wird. Damit können größere Bereiche zum Lastabtrag herangezogen werden als bei balkenförmigen Tragwerken. Deshalb kann erwartet werden, dass sich Eisenbahnlasten auf mehrgleisigen Gewölbebrücken auch gleichmäßiger über die Brückenbreite querverteilen.

3.4 Tragende Mitwirkung der Aufbauten

Die Messungen von *Braune* [B7/8] im Scheitelpunktbereich an acht Gewölbebrücken zeigen, dass sich die Gewölbeaufbauten an der Tragwirkung, wie erwartet, nicht unwesentlich beteiligen. Die Verkehrslasten werden über die Aufmauerungen direkt in das Gewölbe eingeleitet. Da über die Fuge zwischen der Aufmauerung und dem Gewölbe hauptsäch-

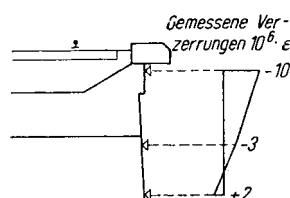


Bild 3.9: Darstellung der Verzerrungen im Scheitelpunktbereich bei einem Stempfbetongewölbe unter Verkehrslasten [B7].

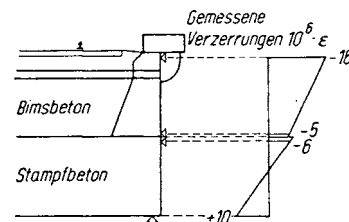


Bild 3.10: Darstellung der Verzerrungen im Scheitelpunktbereich bei einem Stempfbetongewölbe mit Spandriwwand unter Verkehrslasten [B7].

lich Druckkräfte übertragen werden, beteiligen sich das Gewölbe und die Aufbauten mit direkter lotrechter Druckbeanspruchung an der Lastaufnahme.

Bestehen die tragenden Gesamtquerschnitte aus verschiedenen Baustoffen, so beteiligt sich jeder Querschnitt entsprechend seines Flächen- und Elastizitätsanteils an der Aufnahme der äußeren Lasten.

Durch Verformungsmessungen an acht verschiedenen Eisenbahn- und Straßenbrücken aus Beton, Ziegeln und Sandstein konnte *Braune* [B7] das wirkliche Tragverhalten von Gewölbebrücken feststellen.

Die günstige reale Tragwirkung beruht auf dem elastischen Verbund zwischen Gewölbe und Aufbauten. Die Teilquerschnitte bleiben eben (Bernoulli-Hypothese). Bild 3.9 und Bild 3.10 zeigt die gemessenen Stauchungen und Dehnungen im Scheitelpunkt eines Stahlbetongewölbes unter Verkehrslasten. In Bild 3.10 ist zu erkennen, dass sich bei den verschiedenen Materialien (Bims- und Stampfbeton) mit unterschiedlich großem E-Modul unterschiedlich große Verzerrungen einstellen.

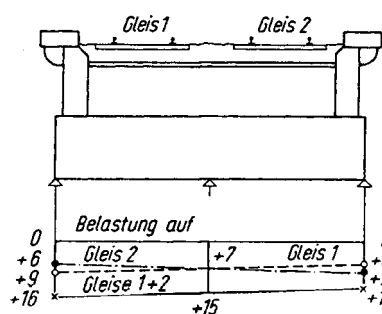


Bild 3.11: Gemessene Verzerrungen an der Viertelpunktleibung eines Dreigelenkgewölbes infolge einseitiger und voller Verkehrslast [B7].

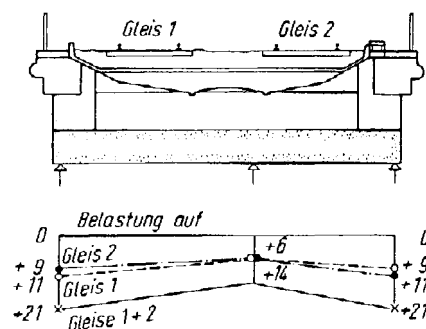


Bild 3.12: Gemessene Verzerrungen an der Viertelpunktleibung einer Eisenbahnbrücke eines Dreigelenkgewölbes infolge einseitiger und voller Verkehrslast [B7].

In Bild 3.11 und Bild 3.12 ist die Verzerrung infolge einseitiger und beidseitiger Belastung im Brückenquerschnitt aufgetragen.

Bedingt durch die gute Verteilung der Verkehrslasten durch das Gleisrost und das Schotterbett werden für die symmetrische Belastung größere Verformungen angezeigt. Für die Berechnung empfiehlt *Braune* [B7] daher, den Lastfall "beidseitige Belastung" infolge Verkehrslast als maßgebende Beanspruchung anzusetzen, da eine einseitige Belastung nicht die maximale Beanspruchung darstellt.

3.4.1 Messergebnisse

Braune [B8] hat zum Vergleich Einflusslinien der Verzerrungen (Dehnungen) aus Normalkraft und Biegung für Gewölbe mit und ohne Aufbauten berechnet (die Querkraftwirkung kann im Allgemeinen vernachlässigt werden). Der Vergleich dieser berechneten Linien führte zu den in Bild 3.13 und Bild 3.15 dargestellten Ergebnissen.

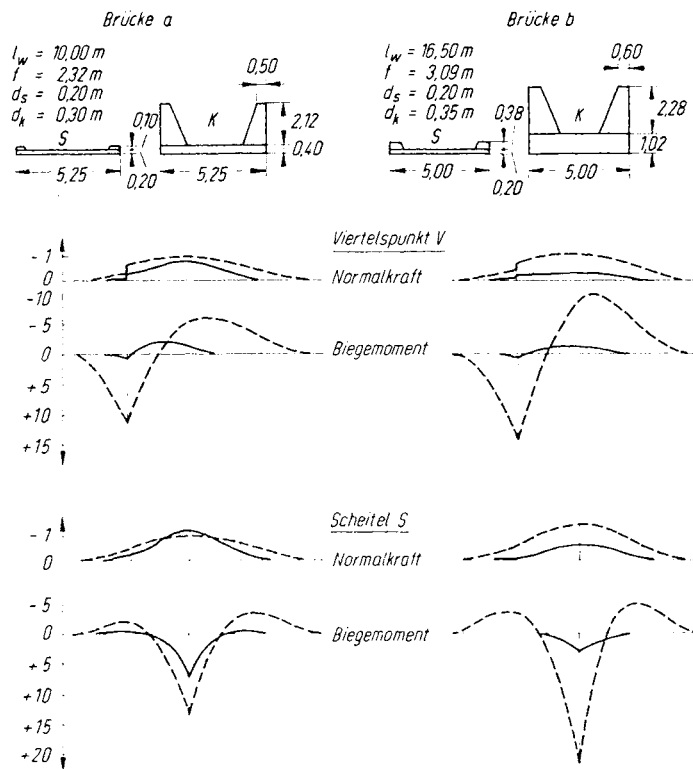


Bild 3.13: Theoretische Einflusslinien der Spannungen σ_u aus Normalkraft und Biegemoment für ---- Gewölbequerschnitt allein und — Gesamtquerschnitt [B8].

Die Einflusslinien der Verzerrungen aus Normalkraft unterscheiden sich betragsmäßig nur wenig für den Viertelpunkt- und den Scheitelbereich (siehe Bild 3.13 a, b). Aufgetragen sind die Spannungen am unteren Rand infolge Normalkraft.

Die Einflusslinien der Verzerrungen infolge Biegung unterscheiden sich dagegen deutlich voneinander (siehe dazu Bild 3.13a, b). Auch hier sind die Spannungen am unteren Gewölberand infolge eines Biegemoments aufgetragen.

Die Ordinaten der Gewölbe ohne Aufbauten (durchgehende Linie) sind in allen Schnitten deutlich größer als die Ordinaten der Gewölbe (gestrichelte Linie) mit Aufbauten. Die Abweichungen voneinander wachsen mit der unterschiedlichen Steifigkeit der Systeme an. Im Viertelpunkt der Gewölbe sind die Aufbauten des Gesamtsystems höher als im Scheitelbereich. Die Mitwirkung der Aufbauten führt also zu größeren Biegesteifigkeiten im Scheitel- und besonders im Viertelpunktbereich und damit zu wesentlich geringeren Biegespannungen.

Auf Bild 3.14 und Bild 3.15 sind die gerechneten Verzerrungen [B8] den tatsächlich gemessenen Verzerrungen gegenübergestellt.

Auffällig ist bei beiden Darstellungen die große Abweichung der Linie A (nur Bogenquerschnitt als tragend gerechnet) von den gemessenen tatsächlichen Verzerrungen.

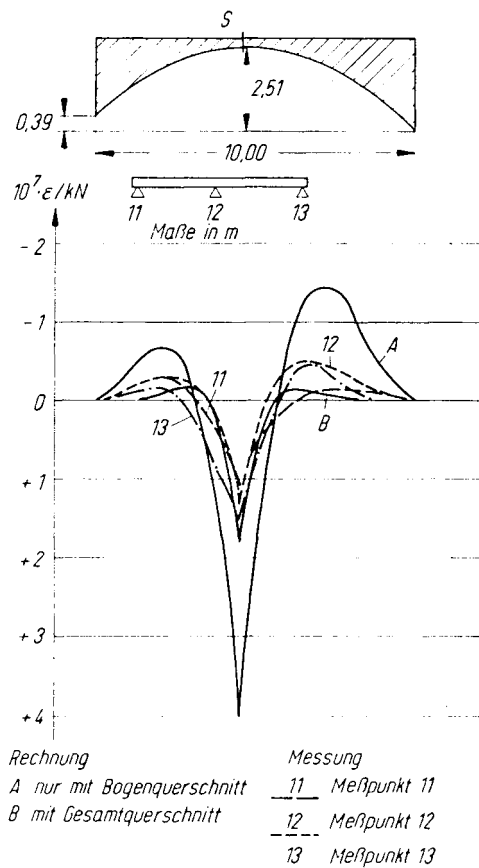


Bild 3.14: Gemessene und gerechnete Einflusslinie der Verformungen, Scheitel einer Gewölbebrücke [B8].

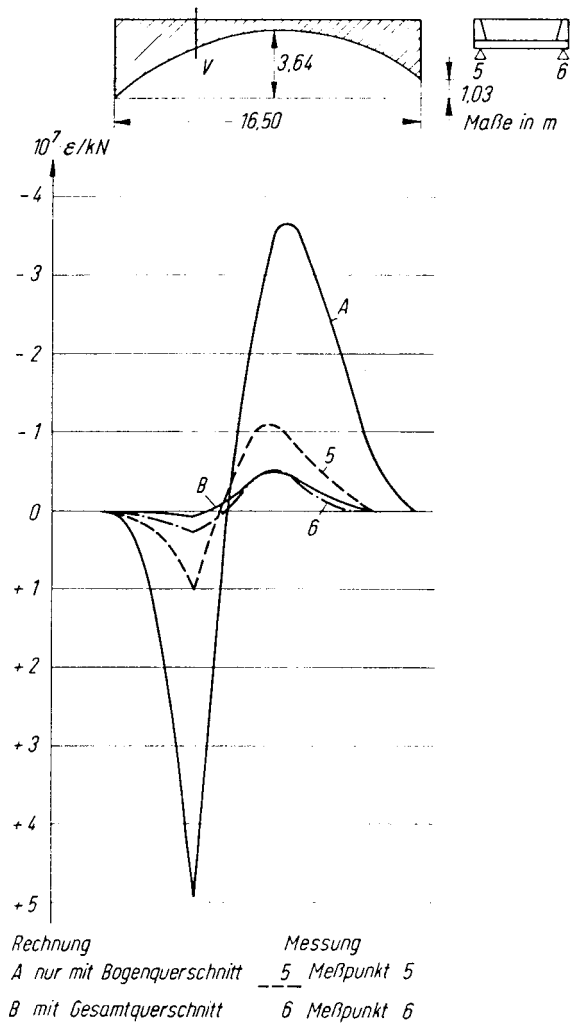


Bild 3.15: Gemessene und gerechnete Einflusslinie der Verformungen im Viertelpunkt einer Gewölbebrücke [B8].

3.4.2 Zusammenfassung

Die Aufbauten im Tragsystem bestehender Gewölbebrücken mit längsgerichteten, massiven Aufbauten in Form von Längswänden oder Längsgewölben sind zu berücksichtigen, wenn ein realitätsnahes Tragverhalten ermittelt werden soll. Unterschiedliche Baustoffe sind dabei rechnerisch zu berücksichtigen.

Der Kraftfluss im Verbundquerschnitt aus Gewölbe und Aufbau muss über die gesamte Brückenbreite gewährleistet sein und darf nicht durch Fugen quer zur Tragrichtung unterbrochen sein.

4. Nachweis der Spannungen im Gewölbe

4.1 Spannungsnachweis im Mauerwerk nach DIN 1053-1

4.1.1 Allgemein

Das vereinfachte Verfahren des Spannungsnachweises im Mauerwerk bei zentrischer und exzentrischer Druckbeanspruchung nach DIN 1053-1:1996 sieht eine lineare Spannungsverteilung unter Ausschluss von Zugspannungen vor.

Die zulässigen Druckspannungen σ_D

$$\text{zul. } \sigma_D = k \cdot \sigma_0 \quad (4.1)$$

mit $k = k_1 \cdot k_2$ oder $k = k_1 \cdot k_3$,

$$(k_1 = 0,8 \div 1,0,$$

$$k_2 = 1/25 \cdot (25 - h_k/d),$$

$$k_3 = 1,7 \cdot l/6).$$

dürfen dabei nicht überschritten werden. σ_0 ist der Grundwert der zulässigen Druckspannungen nach Tafel E.1.8 in DIN 1053-1:1996 (Tabelle 2.1, Kapitel 2).

Der Beiwert k (k_1 bis k_3) steht für Faktoren zur Berücksichtigung von Abminderungen oder Erhöhungen des Grundwertes infolge bestimmter Lagerungsbedingungen von Wänden (Zwischenaufleger, Endauflager, kurze Wände, Traglastminderung bei Knickgefahr etc.).

4.1.2 Spannungsnachweis in Gewölben

Bei Gewölben kann immer von einer exzentrisch angreifenden Last ausgegangen werden.

Der Nachweis nach DIN 1053-1:1996 (vereinfachtes Verfahren) muss so geführt werden, dass sich die Fugen sowohl bei einer Scheibenbeanspruchung (Beanspruchung in Richtung der Wandebene) als auch bei einer Plattenbeanspruchung (Beanspruchung senkrecht zur Plattenebene) rechnerisch nur maximal bis zum Schwerpunkt des Querschnitts öffnen. Zugbeanspruchungen können nicht aufgenommen werden. Der Querschnitt reißt bis zur Druckzone auf, es stellt sich eine klaffende Fuge ein.

Bild 4.1 zeigt in der Mitte des Bildes den Spannungsverlauf eines überdrückten Querschnitts, im rechten Teil des Bildes ist der Spannungsverlauf eines Querschnitts bis zur Querschnittsmitte dargestellt.

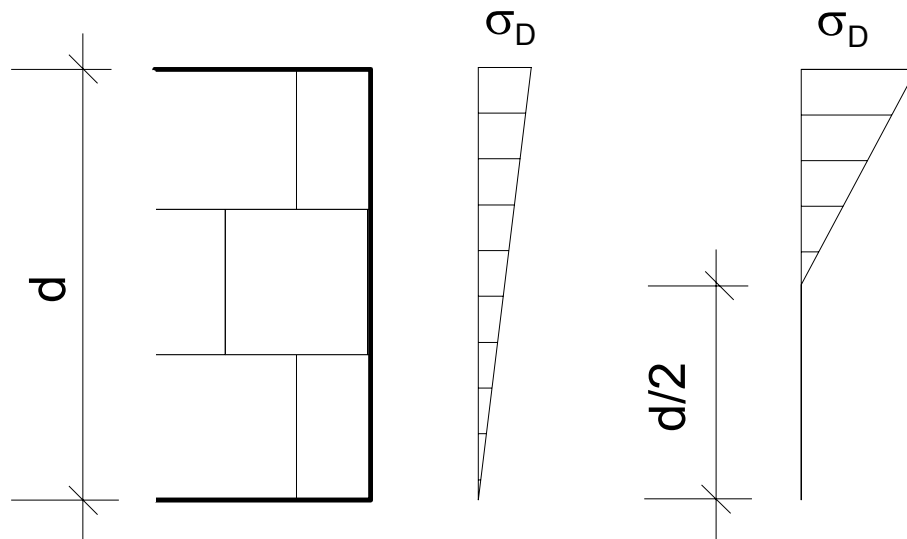


Bild 4.1: Zulässige rechnerische Spannungsverteilung, DIN 1053-1:1996 [J1].

Bei Wandscheiben ist in DIN 1053-1:1996 zusätzlich nachzuweisen, dass die Randdehnung aus der Scheibenbeanspruchung (Beanspruchung in Richtung der Wandebene) auf der Seite der Klaffung den Wert $\varepsilon_R = 10^{-4}$ nicht überschreitet (siehe dazu auch Bild 4.2).

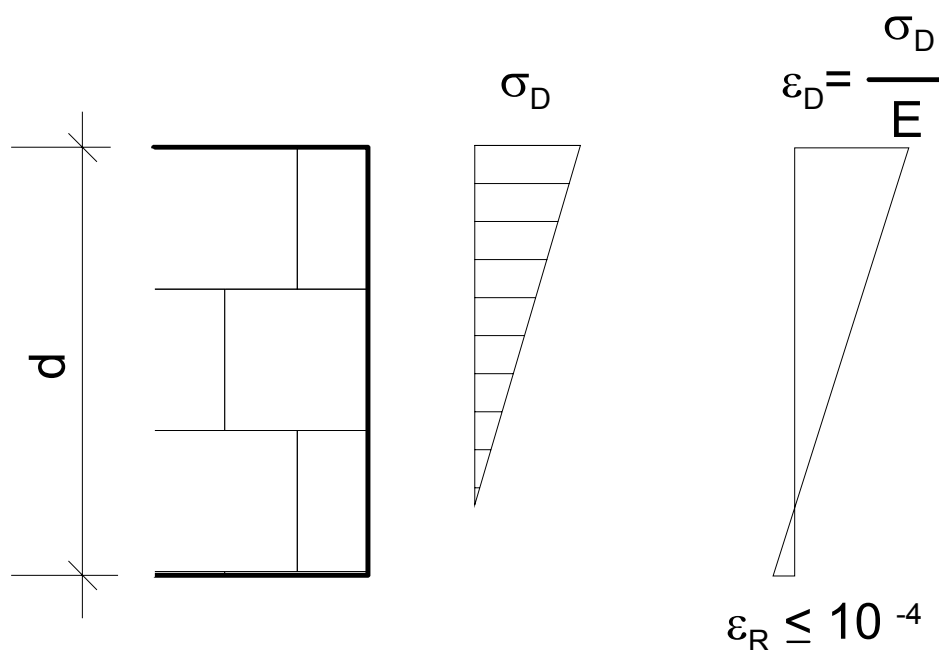


Bild 4.2: Zulässige rechnerische Randdehnung infolge Wind bei Scheiben, DIN 1053-1:1996 [J1].

Die zulässige Höhe der Zugzone und die Spannungsverteilung im Druckbereich von Gewölbebrücken werden in der Literatur unterschiedlich beurteilt.

In Kapitel 4.7 (Bild 4.6) sind unterschiedliche Berechnungsansätze dargestellt.

4.2 Bemessungsvorschlag von Hänel

Bei der Sicherheitsdefinition für das Mauerwerk ist die Größe der Druckspannungen σ_D und die Höhe der Druckzone für die Berechnung von Gewölbebrücken in DIN 1075:12/1959 wie folgt festgelegt:

$$\text{zul. } \sigma_D = M_{28} / 5 \leq 6,5 \text{ MN/m}^2, \quad (4.2)$$

mit M_{28} der Würfeldruckfestigkeit von Mauerwerkskörpern nach 28 tägiger Erhärtung.

Die Zugspannungen σ_Z im Mauerwerk von Gewölbebrücken werden mit Hilfe der vorhandenen Druckbeanspruchung im Gewölbe begrenzt:

$$\begin{aligned} \text{zul. } \sigma_Z &= \text{vorh. } \sigma_D / 5, \\ &\leq 0,5 \text{ MN/m}^2 \text{ bei statisch bestimmten Gewölben,} \\ &\leq 0,2 \text{ MN/m}^2 \text{ bei statisch unbestimmten Gewölben.} \end{aligned} \quad (4.3)$$

Das entspricht einer Ausmitte e (Abstand zwischen Schwerachse und Lastangriffspunkt) der Resultierenden von:

$$\text{zul. } e = 0,2 \cdot d \text{ bzw. } 0,18 \cdot d \quad (4.4)$$

und einer verbleibenden Druckzonenhöhe x von $\sim 0,8 \cdot d$. Die Zugfestigkeit des Gewöl-

bemauerwerks kann infolge Rissbildung und Auswaschung der Fuge zu Null angenommen werden.

Der verbleibende, ausschließlich nur noch auf Druck beanspruchte Gewölbequerschnitt sollte den Wert (für Gewölbedicken $d \geq 40,0 \text{ cm}$) $x \geq 0,45 \cdot d$ nicht unterschreiten.

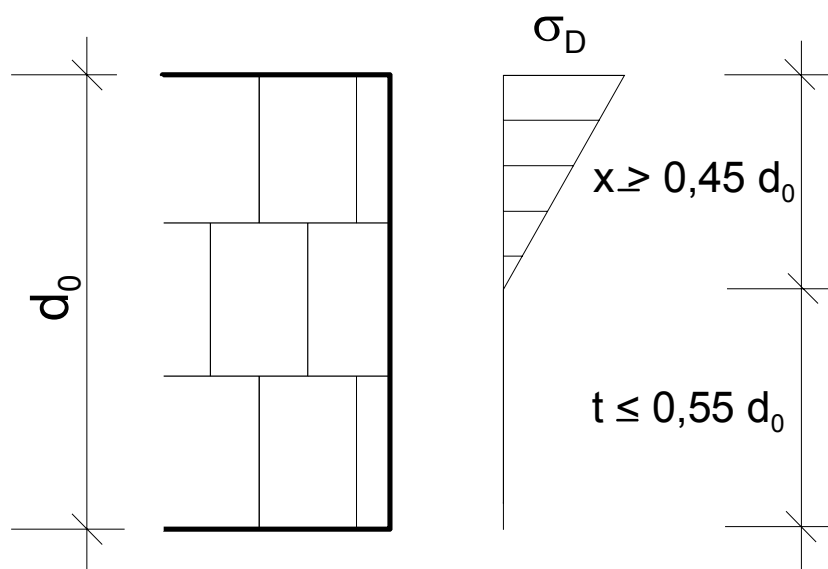


Bild 4.3: Spannungsverteilung ohne Berücksichtigung der Aufbauten, Vorschlag von Hänel [H1].

Bei neu zu errichtenden Bauwerken kann diese Forderung durch die geeignete Querschnittswahl der Gewölbe leicht eingehalten werden. Bei der Nachrechnung bestehender Gewölbequerschnitte kann sie jedoch zu Schwierigkeiten führen. Als ein sehr wichtiges Kriterium zur Beurteilung des Tragvermögens von Gewölbebrücken schlägt Hänel in [H1] vor, die vorhandene Druckzonenhöhe im Gewölbe auf die geforderten Druckzonenhöhen von $0,8 d$ bzw. $0,75 d$ ([H1], mit d = Querschnittsdicke) zu beschränken.

Für den Fall, dass die Mauerwerksaufbauten als beim Lastabtrag mitwirkend angesetzt werden, muss die Druckzonenhöhe x im Gewölbe auf

$$x \geq 0,50 \cdot d_{\text{Gewölbe}} \quad (4.5)$$

begrenzt werden.

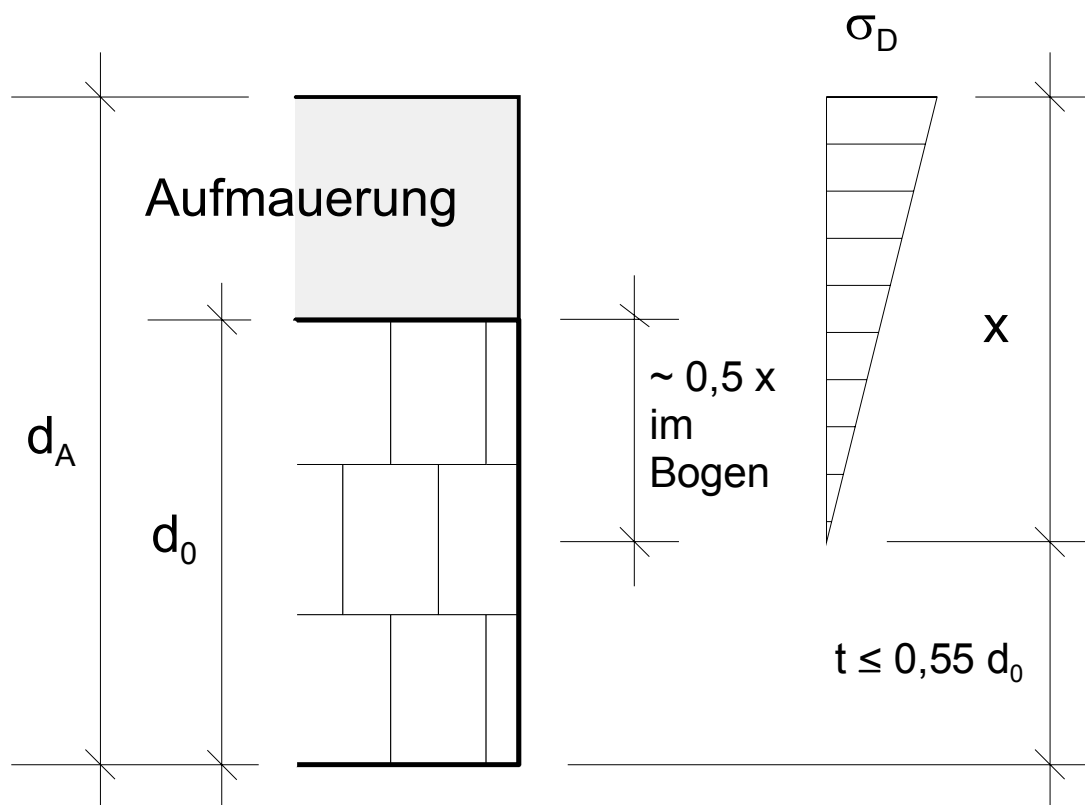


Bild 4.4: Spannungsverteilung unter Berücksichtigung der Aufbauten, Vorschlag von Hänel [H1].

4.3 Bemessungsvorschlag von Lachmann

Die exzentrische Längsdruckkraft kann über eine Teilfläche als mittige Druckspannung abgetragen werden, unabhängig davon, ob sich die Resultierende R innerhalb oder außerhalb der Kernweite befindet. Wichtig jedoch ist, dass die Resultierende noch innerhalb des Gewölbequerschnitts liegt [L1].

4.4 Bemessungsvorschlag von Mildner

Die zulässigen Druckspannungen im Mauerwerk werden mit Hilfe von Materialproben des Bauwerks bestimmt. Die Risstiefe t ist allein für ständige Lasten kleiner als ein Viertel der Gewölbedicke d anzusetzen. Bei der Belastung durch ständige Lasten und Verkehrslasten muss die Risstiefe t kleiner als die Hälfte der Gewölbedicke d sein [M9].

4.5 Richtlinie der Deutschen Bahn (DS 805)

Die zulässigen Druckspannungen im Mauerwerk werden mit Hilfe von Baustoffprüfungen nach DIN 1053 bestimmt.

Die Risstiefe für ständige Lasten und 0,5 fache Verkehrslast aus Lastbild UIC 71 darf die Höhe t = Schichtdicke der untersten Steinlage nicht überschreiten.

Tragreserven aus z.B. der Mitwirkung der Stirnmauern oder von Überschüttungen dürfen nur berücksichtigt werden, wenn diese Bauteile ein festes Gefüge zum Gewölbemauerwerk hin aufweisen. Die maximal zulässigen Randspannungen infolge Last auf der Zugseite sind auf $0,5 \text{ N/mm}^2$ zu begrenzen. Dieser rein rechnerische Wert von $0,5 \text{ N/mm}^2$ lässt einen kleinen verbleibenden Zugkeil im Gewölbemauerwerk zu [D12].

4.6 Richtlinie der Deutschen Reichsbahn (DR)

Im Gewölbetragwerk sind die Druckspannungen im Mauerwerk am gedrückten Querschnittsrand infolge Gesamtlast (Summe aus ständigen, langzeitigen und kurzzeitigen Lasten) auf 65 % des Normwertes der Mauerwerksdruckfestigkeit zu begrenzen.

Vertikale Verschiebungen des Scheitels, vertikale und horizontale Verschiebung sowie Verdrehung des Kämpfers und die Rissbildung im Gewölbe sind nachzuweisen.

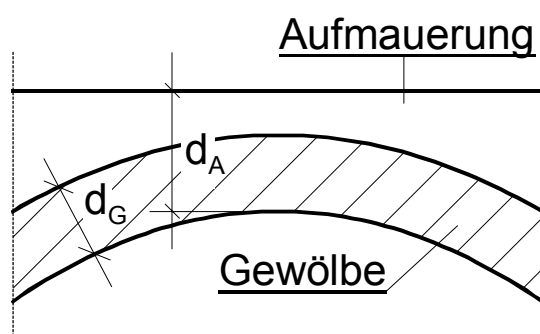


Bild 4.5: Skizze mit Schnitt durch ein Gewölbe mit Aufmauerung [D1].

Die errechneten Risstiefen im Gewölbe dürfen nicht mehr als 70 % der Gesamtquerschnittsdicke d_A und nicht mehr als 85 % der Gewölbedicke d_G betragen. Der tragende Restquerschnitt des Gewölbes braucht jedoch nicht dicker als 250,0 mm zu sein [D1].

4.7 Zusammenfassung der Nachweise der Biegedruckzone in Gewölbebrücken

Bild 4.6 gibt einen Überblick über die im Kapitel 4 beschriebenen verschiedenen Vorschriften, Richtlinien und Vorschläge zum Nachweis der Biegedruckzone in Gewölbebrücken.

Die mittragende Wirkung von Mauerwerksaufbauten beim Lastabtrag von Gewölbebrücken wird jedoch nur in den Vorschlägen der Richtlinie der DR [D1] und in dem Aufsatz von D. Hänel [H1] berücksichtigt.

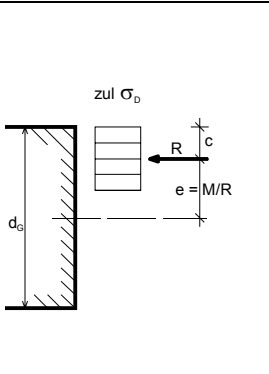
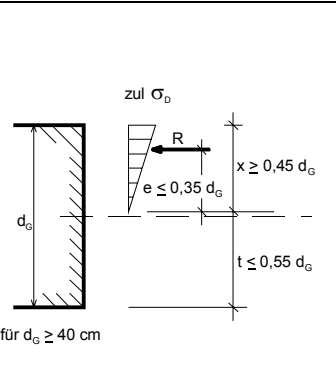
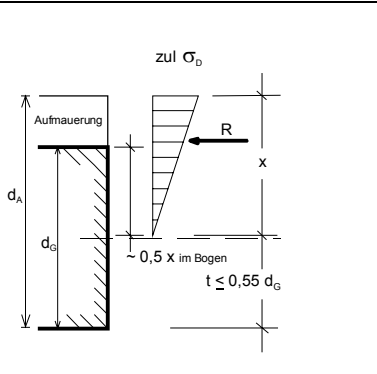
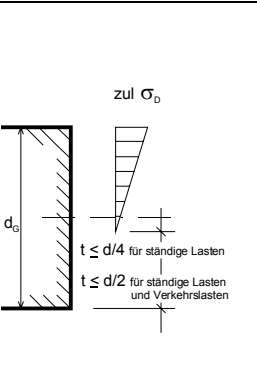
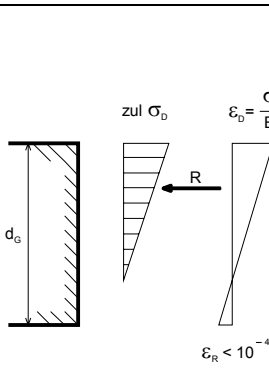
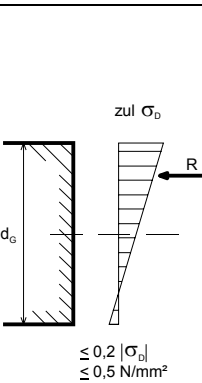
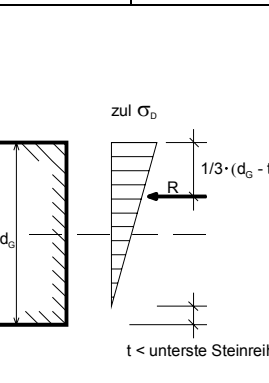
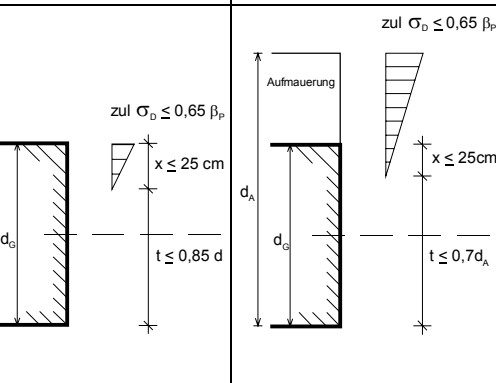
 <p>zul σ_D</p> <p>$e = M/R$</p> <p>d_G</p> <p>R</p> <p>c</p>	 <p>zul σ_D</p> <p>$e \leq 0,35 d_G$</p> <p>$x \geq 0,45 d_G$</p> <p>$t \leq 0,55 d_G$</p> <p>für $d_G \geq 40 \text{ cm}$</p>	 <p>zul σ_D</p> <p>Aufmauerung</p> <p>d_A</p> <p>d_G</p> <p>R</p> <p>x</p> <p>$0,5 x \text{ im Bogen}$</p> <p>$t \leq 0,55 d_G$</p>	 <p>zul σ_D</p> <p>d_G</p> <p>R</p> <p>x</p> <p>$t \leq d/4 \text{ für ständige Lasten}$</p> <p>$t \leq d/2 \text{ für ständige Lasten und Verkehrslasten}$</p>	
Lachmann	Hänel	Hänel mit Aufbau	Mildner	
 <p>zul σ_D</p> <p>$\varepsilon_D = \frac{\sigma_D}{E}$</p> <p>$d_G$</p> <p>$R$</p> <p>$\varepsilon_R < 10^{-4}$</p>	 <p>zul σ_D</p> <p>d_G</p> <p>R</p> <p>x</p> <p>t</p> <p>$\leq 0,2 \sigma_D$</p> <p>$\leq 0,5 \text{ N/mm}^2$</p>	 <p>zul σ_D</p> <p>d_G</p> <p>R</p> <p>x</p> <p>t</p> <p>$1/3 \cdot (d_G - t)$</p> <p>$t < \text{unterste Steinreihe}$</p>	 <p>zul $\sigma_D \leq 0,65 \beta_p$</p> <p>Aufmauerung</p> <p>d_A</p> <p>d_G</p> <p>R</p> <p>x</p> <p>t</p> <p>$x \leq 25 \text{ cm}$</p> <p>$t \leq 0,7 d_A$</p>	
DIN 1053-1 (11.96)	DIN 1075 (12.59)	Richtlinie DS 805	Richtlinie DR	Rili DR mit Aufbau

Bild 4.6: Zulässige Dehnungs- und Spannungsverteilungen nach Vorschriften, Richtlinien und Vorschlägen aus der Literatur für den Nachweis der Tragfähigkeit von gemauerten Bögen [D10].

Die Nachberechnung der Spannungen im Mauerwerk von Gewölbebrücken allein unter ständiger Last zeigt bei der Nichtberücksichtigung der mittragenden Wirkung der Aufbauten keine zufriedenstellenden Ergebnisse der Berechnung:

Die zulässigen Druckspannungen im Mauerwerk, gemäß technischer Norm oder Vorschrift der DR bzw. DB, sind entweder nur gerade noch eingehalten oder werden sogar in vielen Fällen überschritten. Die zulässigen Druckzonenhöhen können nicht eingehalten werden, im Gegenteil, es werden unzulässig hohe Zugzonen berechnet, die in Wirklichkeit gar nicht auftreten. Bei der Berücksichtigung von zusätzlichen Verkehrslasten werden die zulässigen Spannungen meist nicht mehr eingehalten.

Einer Lasterhöhung z.B. der Verkehrslasten kann dann bei vereinfachter Berechnung durch die jeweilige Behörde nicht zugestimmt werden.

Sollen zusätzlich Umbaumaßnahmen am Bauwerk stattfinden, wie dies beim Bahrmühlenviadukt der Fall gewesen ist, kann bei vereinfachter Berechnung folglich auch diesen nicht zugestimmt werden, weil die zulässigen Werte der Norm nicht eingehalten werden können.

Daraus folgt für solche Fälle, dass eine zusätzliche Berücksichtigung der Aufbauten beim Lastabtrag erforderlich ist. Die Versuche von Braune [B7/8] haben das bestätigt. Komplexe Strukturen, wie sie Gewölbebrücken darstellen und hier insbesondere Gewölbebrücken mit längsgegliederten Spandrellwänden ohne Verfüllung der Zwischenräume über dem Gewölbe, können nur dann zufriedenstellend und richtig beurteilt werden, wenn in der Berechnung ein Mittragen der Aufbauten berücksichtigt wird.

Nur in der Richtlinie der DR [D1] und in dem Vorschlag von D. Hänel [H1] wird dieser Forderung Rechnung getragen.

Das Aufreißen des Gewölbequerschnitts wird bei beiden Vorschlägen jedoch sehr progressiv beurteilt.

Der Vorschlag im Aufsatz von D. Hänel [H1] begrenzt ein Aufreißen des Gewölbequerschnitts auf etwa die Hälfte des Gewölbequerschnitts.

Der Vorschlag der Richtlinie der DR [D1] lässt ein Aufreißen des Gewölbequerschnitts auf mehr als der Hälfte des Gewölbequerschnitts zu.

Dieses Aufgehen des Querschnitts kann bei der Beurteilung über die Standsicherheit von Gewölbekonstruktionen nur bei Kurzzeitbeanspruchungen gutgeheißen werden. Nachgewiesen werden muss, dass sich die "klaffende Fuge" (Zugbeanspruchung im Querschnitt) unter Dauerlast wieder schließt.

5. Materialmodell

5.1 Allgemein

Eine realistische Abbildung des Mauerwerksverbandes ist mit Hilfe elastischer und elastoplastischer Materialmodelle möglich.

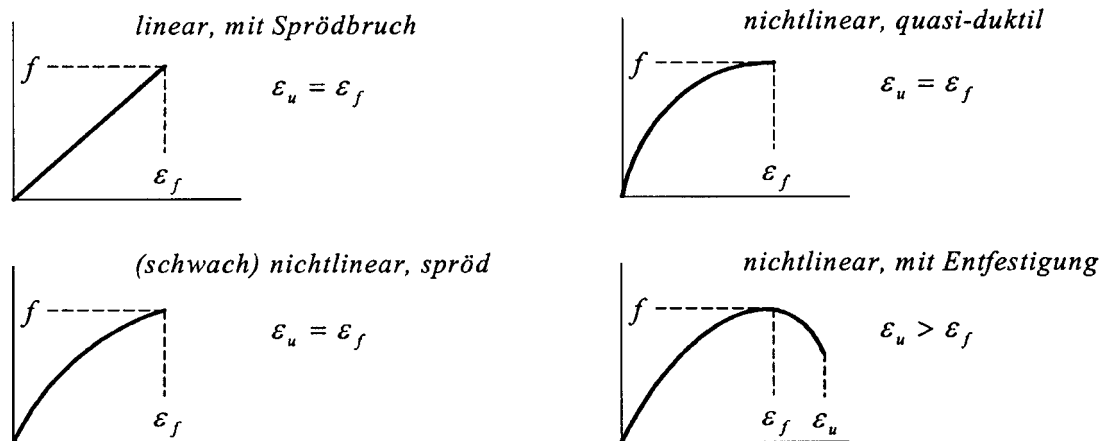


Bild 5.1: Skizzenhafte Darstellung möglicher Formen einaxialer Arbeitslinien von Mauerwerk [J2].

Bild 5.1 zeigt skizzenhaft mögliche Formen einaxialer Arbeitslinien für Mauerwerk. Für das in [R2] untersuchte Rezeptmauerwerk zeigt Bild 5.2 die graphische Darstellung zweier Spannungsdehnungslinien für einen Mauerwerksverband. Die FE-Nachrechnung dieses Mauerwerksgefüges mittels der Mikromodellierung ist den Versuchswerten aus dem Druckversuch gegenübergestellt.

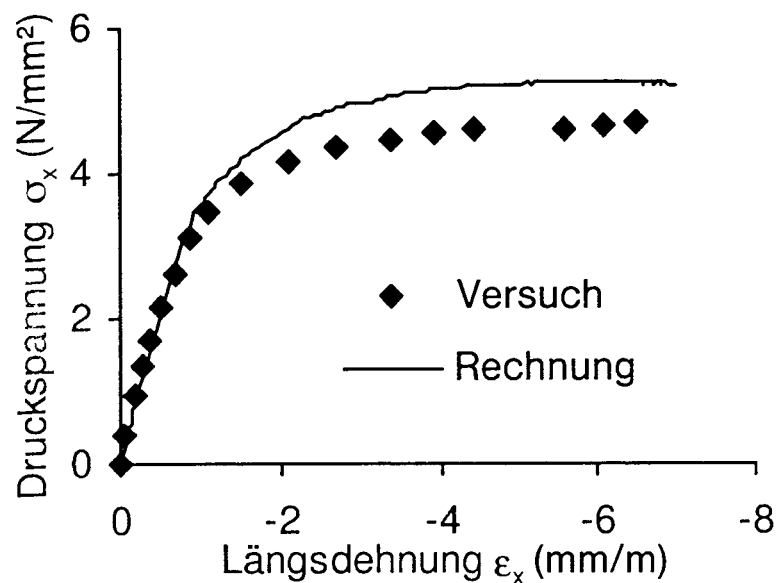


Bild 5.2: Graphische Darstellung zweier Spannungsdehnungslinien für einen Mauerwerksverband. Die Darstellung zeigt die Gegenüberstellung von FE-Berechnungen und Versuchswerten [R2].

Gut zu erkennen ist der parabelrechteckförmige Verlauf der Spannungsdehnungslinie und der ausgeprägt plastische Verlauf der Arbeitslinie beim Erreichen der Druckfestigkeit. Warnecke [B12] schlägt für Mauerwerk mit hohen Steinfestigkeiten auch einen parabelrechteckförmigen Verlauf der Spannungsdehnungslinie analog zu DIN 1045 vor.

Zur Entwicklung der Materialmodelle wird auf ein Gutachten der HTW Dresden [G10] zurückgegriffen, in dem der Zustand und die Materialfestigkeiten des Bahrmühlenviadukts anhand von Bohrkernen des Gewölbe-, Fundament-, Außenwand-, Innenwand- und Pfeilermauerwerks untersucht wurden (vgl. Tabelle 4.1).

Es wurden Bohrkern im Gewölbe-, im Fundament-, im Außenwand-, im Innenwand- und im Pfeilerbereich entnommen. Auf Grundlage dieser Messungen wurde u.a. die Druckfestigkeiten einzelner Steine des Viaduktmauerwerks angegeben (vgl. Tabelle 4.1).

Die Arbeitslinie des Bahrmühlenviaduktmauerwerks wird parabelrechteckförmig ausgebildet. Durch einen trilinearen Verlauf der Spannungsdehnungslinien werden die Arbeitslinien der Parabelrechteckform angenähert.

Tabelle 5.1: Einstufung des Mauerwerks des Viadukts und aus Materialuntersuchungen ermittelte Festigkeiten [G10/11].

Bauteil	Einstufung	Gesteinsfestigkeit [N/mm ²]	Mörtelgruppe, Mörtelfestigkeit [N/mm ²]	Mauerwerks- festigkeit [N/mm ²]
Bögen	Quadermauerwerk (Sandstein) mit engen Fugen (ca. 1,0 cm)	35,0 - 53,0 im Mittel 43,0	MG IIa Festigkeit nicht ermittelt	(11,0 – 16,0 im Mittel 13,7) Versuchswerte nicht repräsen- tativ
Pfeiler	hammerrechtes Schichtenmauerwerk (metamorphoser Serpentin)	132,0 – 143,0	MG IIa ca. 5,0	41,0 – 68,0 im Mittel 54,0
	Sandsteinbänder als Quadermauerwerk	30,0 – 54,0	MG IIa Festigkeit nicht ermittelt	Festigkeit nicht ermittelt
Fundamente	Bruchstein- mauerwerk	96,0 – 241,0 im Mittel 162,0	MG III 8,0 – 13,0 im Mittel 10,0	9,0 – 20,0 im Mittel 15,0
	Granitbänder als Quadermauerwerk	Festigkeit nicht ermittelt		Festigkeit nicht ermittelt

5.2 Das Mauerwerk des Bahrmühlenviaduktes im Gewölbebereich

Auf Grundlage der o.g. Messungen wurden u.a. die Druckfestigkeiten einzelner Steine des Pfeilermauerwerks angegeben (vgl. Tabelle 4.1). Die Steinfestigkeiten im Gewölbe erreichten im Mittel den Wert $43,0 \text{ N/mm}^2$. Für die Mauerwerksfestigkeiten wurden im Mittel $13,7 \text{ N/mm}^2$ festgestellt.

Bei der Werratalbrücke Hedemünden [B12] wurden Mauerwerksfestigkeiten von $14,0 \text{ N/mm}^2$ durch Bohrkernentnahme festgestellt.

An der Götzschalbrücke [S5] wurden Messungen am Mauerwerk durchgeführt. Für dieses Mauerwerk wurden Druckfestigkeiten von $10,0 \text{ N/mm}^2$ gemessen, also in ähnlicher Größe wie beim Bahrmühlenviadukt.

Im EC 6 [J3] wird die Größe der Druckfestigkeit von Mauerwerk über die Druckfestigkeiten des Steins und des Mörtels bestimmt.

$$\beta_{\text{MW}} = 0,5 \cdot \beta_{\text{Stein}}^{0,65} \cdot \beta_{\text{Mörtel}}^{0,25} \quad (5.1)$$

mit:

β_{MW} = Druckfestigkeit Mauerwerk,

$$\beta_{\text{MW}} = 0,5 \cdot 53^{0,65} \cdot 5,0^{0,25} = 9,99 \text{ N/mm}^2,$$

$$\beta_{\text{MW}} = 0,5 \cdot 35^{0,65} \cdot 5,0^{0,25} = 7,54 \text{ N/mm}^2.$$

Bei der Berechnung der Druckfestigkeit von Rezeptmauerwerk gemäß EC6 werden etwas geringere Mauerwerksfestigkeiten berechnet.

Die Druckfestigkeit des Gewölbemauerwerks mit $\sigma_D = 13,7 \text{ N/mm}^2$ aus Versuchswerten liegt jedoch ungefähr in dem gleichen Festigkeitsbereich wie die Mauerwerksfestigkeiten der Werratal- und der Götzschalbrücke.

Die Druckfestigkeit des Gewölbemauerwerks des Bahrmühlenviaduktes hat die Festigkeit $\sigma_D = 13,7 \text{ N/mm}^2$ (Laborwerte).

Für die Berechnung des E-Moduls von Natursteinmauerwerk ist in der Literatur (Warncke [B12]) folgende Berechnungsmöglichkeit angegeben:

$$E_{\text{MW}} = 1500 \cdot \beta_{\text{MW}}^{0,5} \quad (5.2)$$

$$E_{\text{MW}} = 1500 \cdot 53^{0,5} = 10.920 \text{ N/mm}^2,$$

$$E_{\text{MW}} = 1500 \cdot 35^{0,5} = 8.874 \text{ N/mm}^2.$$

Bei der Werratalbrücke Hedemünden [B12] wurde der E-Modul mit 12.000 N/mm² gemessen. Der E-Modul des Mauerwerks bei der Götzschthalbrücke [S5] betrug 10.000 N/mm².

Der E-Modul des Gewölbemauerwerks des Bahrmühlenviaduktes wurde im Labor gemessen mit 16.000 N/mm² bis 19.000 N/mm².

Das Gewölbemauerwerk des Bahrmühlenviaduktes verhält sich etwas steifer, als diejenigen der Werratalbrücke Hedemünden und der Götzschthalbrücke.

Bei der numerischen Berechnung wurde der Mittelwert der Laborwerte für den E-Modul des Gewölbemauerwerks mit $E_{\text{Mauerwerk}} = 17.500 \text{ N/mm}^2$ verwendet.

Die Dehnungsgrenzen im Druckbereich [B12] ermitteln sich zu:

$$\varepsilon_{pl} = \beta_{DMW} / E_{MW} \quad (5.3)$$

$$\varepsilon_{pl} = 13,7 / 17.500 = 0,783 \text{ ‰}.$$

Für Mauerwerk mit hohen Steifigkeiten kann auch ein parabelrechteckförmiger Verlauf nach DIN 1045 angenommen werden [B12]. Analog zum parabelrechteckförmigen Verlauf der Betonarbeitslinie in DIN 1045 wird der elastische Bereich der Mauerwerksarbeitslinie wie folgt berechnet:

$$\beta_{MW, \text{elastisch}} = 0,4 \cdot \beta_{MW} \quad (5.4)$$

$$\beta_{MW, \text{elastisch}} = 0,4 \cdot 13,7 = 5,48 \text{ N/mm}^2,$$

$$\varepsilon_{pl} = 5,48 / 17.500 = 0,000313 = 0,313 \text{ ‰}.$$

Grenzstauchungen werden bei der Werratalbrücke bei $\varepsilon_u = 2,2 \text{ ‰}$ bis $3,5 \text{ ‰}$ erreicht.

Der EC 6 [J3] gibt für Mauerwerk in Ingenieurbauwerken eine Grenzstauchung von $\varepsilon_u = 3,5 \text{ ‰}$ vor. Warnecke [B12] und Wigger [B14] bestätigen in Versuchen diese Werte der Grenzstauchungen im Mauerwerk. Die Grenzstauchung beim Gewölbemauerwerk des Bahrmühlenviaduktes liegt bei $\varepsilon_u = 3,0 \text{ ‰}$.

Tabelle 5.2: Zusammenstellung der Materialwerte für das Gewölbemauerwerk des Bahrmühlenviaduktes.

	E-Modul [N/mm ²]	Druckfestigkeit [N/mm ²]	Grenzstauchung [‰]
Gewölbemauerwerk	17.500	13,7	3,0

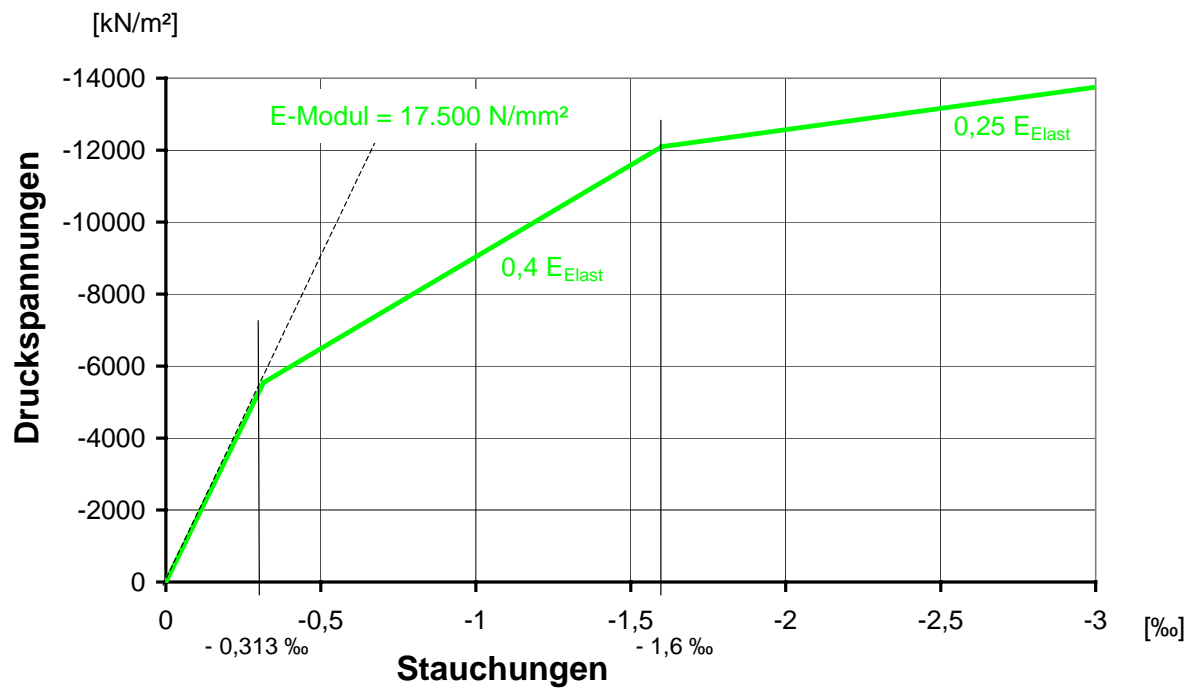


Bild 5.3: Graphische Darstellung des Materialgesetzes für das Gewölbemauerwerk.

5.3 Das Mauerwerk des Bahrmühlenviaduktes im Pfeilerbereich

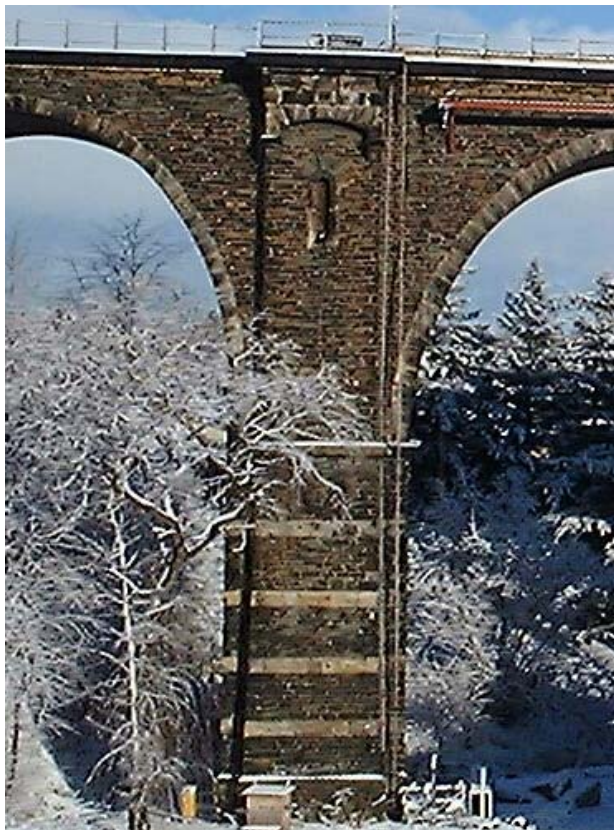


Bild 5.4: Ansicht Pfeiler 60.

Die Entwicklung des elastoplastischen Materialgesetzes wird am Beispiel des Pfeilermauerwerks des Bahrmühlenviaduktes beschrieben. Grundlage für die Bestimmung der Grenzwerte auf der Zug- und Druckseite des Pfeilermauerwerks sind die o.g. Materialuntersuchungen [G10].

Die Steifigkeiten im Pfeiler erreichten im Mittel für den Sandstein den Wert $42,0 \text{ N/mm}^2$ und $137,5 \text{ N/mm}^2$ für den Stein des Schichtenmauerwerks.

Die Mauerwerksfestigkeiten wurden für das hammerrechte Schichten-

mauerwerk mit im Mittel bis zu $54,0 \text{ N/mm}^2$ festgestellt (vgl. Tabelle 4.1). Für die Sandsteinbänder, die in regelmäßigen Abständen im Quadermauerwerk zu finden sind, wurden ähnlich große Festigkeiten wie für das Gewölbemaerwerk bestimmt.

Das Bild 5.4 zeigt eine Ansicht des Pfeilers 60, in der die vier Sandsteinbänder (hellgelb, waagerecht) mit $h = 0,50 \text{ m}$ gut zu erkennen sind.

Das System Pfeilermauerwerk trägt wie eine Federkonstruktion in Reihenschaltung (es addieren sich die Reziprokwerte der Federsteifigkeiten).

Bohrprobe aus dem Pfeilermauerwerk

Federmodell

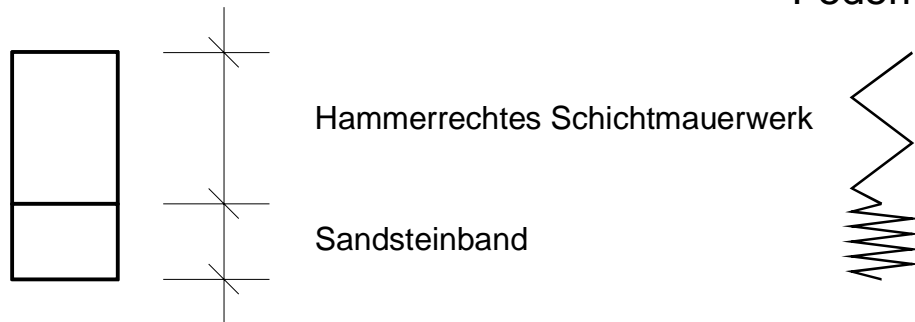


Bild 5.5: Skizze der Bohrprobe Pfeilermauerwerk und dazugehöriges Federmodell.

Vereinfacht kann der E-Modul von Rezeptmauerwerk [J1] wie folgt berechnet werden:

$$E = 1100 \cdot \sigma_0 \quad (5.5)$$

$$C = E \cdot A / L \quad (5.6)$$

mit:

$$\sigma_{0, \text{Quader}} \approx 5 \cdot \sigma_{0, \text{Sandstein}},$$

$$E_{\text{Quader}} = 5 \cdot E_{\text{Sandstein}},$$

$$L_{\text{Quader}} = 2,5 \text{ m},$$

$$L_{\text{Sandstein}} = 0,5 \text{ m},$$

$$A_{\text{Quader}} = A_{\text{Sandstein}} = 1,$$

$$C_{\text{Quader}} = 5 \cdot 1100 \sigma_0 \cdot 1 / 2,5 = 2200 \sigma_0,$$

$$C_{\text{Sandstein}} = 1100 \sigma_0 \cdot 1 / 0,5 = 2200 \sigma_0,$$

$$1/C_{\text{Pfeiler}} = (1/2200 + 1/2200) 1/\sigma_0,$$

$$C_{\text{Pfeiler}} = 1100 \cdot \sigma_0.$$

mit:

σ_0 = Festigkeitswerte des Sandsteinmauerwerks.

Für die Festlegung der Größe der Festigkeit des Pfeilermauerwerks ist das Sandsteinmauerwerk maßgebend. Für das Sandsteinmauerwerk sind keine Materialuntersuchungen durchgeführt worden. Aus Tabelle 5.1 ist abzulesen, dass das Sandsteinmauerwerk geringfügig kleinere Druckfestigkeiten im Stein aufweist, als das Gewölbemauerwerk, 39,1 N/mm² i.M. (an zwei Proben).

$$\Delta = 39,2 / 43,0 = 0,912,$$

$$\sigma_{\text{Pfeiler}} = 0,912 \times 13,7 = 12.494 \text{ N/mm}^2.$$

Für das Pfeilermauerwerk wird eine max. Druckfestigkeit von 12.500 N/mm² in der Berechnung zugrunde gelegt. Bei der Ermittlung der zugehörigen E-Moduli, Dehnungen für den elastischen Bereich wird genauso verfahren wie für das Gewölbematerial. Die Grenzstauchung für das Pfeilermauerwerk beträgt ebenfalls $\varepsilon_u = 3,0 \text{ ‰}$.

Tabelle 5.3: Zusammenstellung der Materialwerte für das Pfeilermauerwerk des Bahrmühlenviaduktes.

	E-Modul [N/mm ²]	Druckfestigkeit [N/mm ²]	Grenzstauchung [‰]
Pfeilermauerwerk	16.000	12,5	3,0

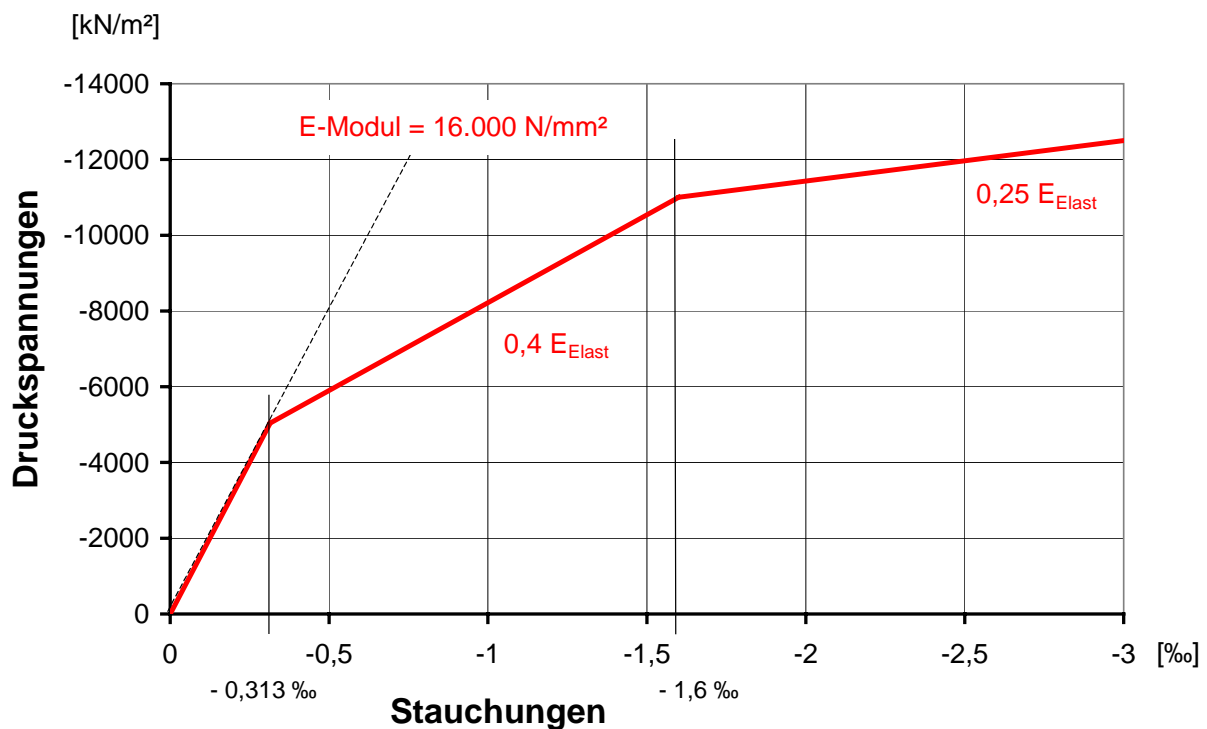


Bild 5.6: Graphische Darstellung des Materialgesetzes für das Pfeilermauerwerk.

5.4 Außenwand-, Innenwandmauerwerk und die Verfüllung des Bahrmühlenviaduktes

Bei der Erstellung der Arbeitslinien für das Außenwand- und das Innenwandmauerwerk und die Verfüllung wird sinngemäß der vorangegangenen Kapitel verfahren.

5.5 Zugfestigkeit parallel zur Lagerfuge am Beispiel des Pfeilermauerwerks

Der Verband des Mauerwerks und die Zugfestigkeit der Steine ermöglichen die Aufnahme von Zugspannungen parallel zur Lagerfuge. Die Zugspannung lässt sich berechnen zu:

$$\text{zul. } \sigma_z \leq 1/\gamma (\beta_{Rk} + \mu \cdot \sigma_d) \cdot \ddot{u}/h \quad (5.7)$$

$$\text{zul. } \sigma_z \leq \beta_{Rz}/2\gamma \leq 0,3 \text{ MN/m}^2 \quad (5.8)$$

Der kleinere Wert ist maßgebend. Dabei ist:

zul σ_z = Zugspannung parallel zur Lagerfuge im Gebrauchszustand,

σ_d = gleichzeitig wirkende Druckspannung senkrecht zur Lagerfuge,

β_{Rz} = Rechenwert der Steinzugfestigkeit ($0,025 \cdot \beta_{Nst}$),

β_{Rk} = Rechenwert der Kohäsion ($0,15 \text{ N/mm}^2$),

μ = Reibungsbeiwert = 0,6,

\ddot{u}/h = Überbindemaß/ Steinhöhe,

γ = Sicherheitsbeiwert = 2,5.

In DIN 1053-1 wird für die Güteklasse N4 für Natursteinmauerwerk eine max. Zugfestigkeit im Mauerwerk bei der Berechnung von $\sigma_z \leq 0,2 \text{ MN/m}^2$ zugelassen.

Für Rezeptmauerwerk wird gemäß DIN 1053-2 eine Zugfestigkeit im Mauerwerk von $\sigma_z \leq 0,3 \text{ MN/m}^2$ gefordert.

In RIL 805 [D2/D12] wird für Gewölbebauwerke eine max. Zugfestigkeit im Mauerwerk von $\sigma_z \leq 0,5 \text{ MN/m}^2$ zugelassen.

Bild 5.7 zeigt den Verlauf der Arbeitslinie für einen Mauerwerksziegel auf der Zugseite. In diesem Bild ist gut ein ausgeprägter Nachrissbereich zu erkennen.

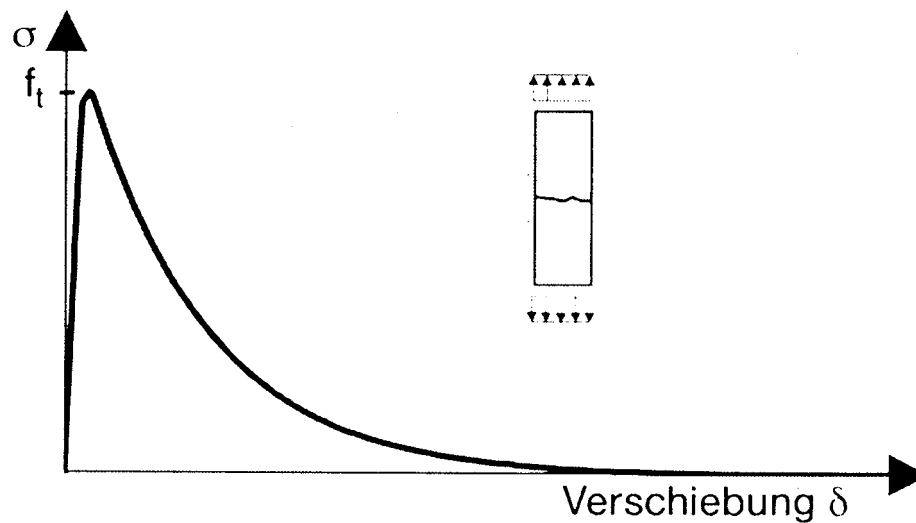


Bild 5.7: Darstellung der Arbeitslinie für einen einaxialen Zugversuch [R2].

Bei der Makromodellierung gilt die Zugfestigkeit des Mauerwerksmaterials über den gesamten Bereich des Pfeilers im Viadukt. Mit Fehlstellen ist, wie die Bohrkerns zeigen, zu rechnen, daher wird dieser sehr kleine Wert der Zugfestigkeit des Materials vorsichtig gewählt.

Im hier entwickelten Materialgesetz für das historische Pfeilermauerwerk wird unter Berücksichtigung der vorhandenen Fehlstellen in den Bohrkernen aus dem Pfeilermauerwerk und in Übereinstimmung mit DIN 1053-1, DIN 1053 Teil2 und RIL 805 ein einheitlicher Wert für das Pfeilermauerwerk von $\sigma_z = 0,1 \text{ MN/m}^2$ gewählt.

($\sigma_z = 0,1 \text{ MN/m}^2 < \sigma_{z,DIN} = 0,2 \text{ MN/m}^2$, $\sigma_{z,DIN} = 0,3 \text{ MN/m}^2 < \sigma_{z,RIL} = 0,5 \text{ MN/m}^2$).

Bei einem E-Modul von $E_{MW} = 16.000 \text{ N/mm}^2$ gemäß der Materialuntersuchung auf der Druckseite ergeben sich Dehnungen von $\varepsilon_{zug} = 0,00625 \text{ ‰}$.

Bei der Modellierung des Materialgesetzes war allerdings zu beachten, dass aus EDV-technischen Gründen ein totaler Verlust der Festigkeit eines Elementes (hier bei $\varepsilon_{zug} = 0,00625 \text{ ‰}$) zu einem Abbruch der Berechnung führt. Um dies zu vermeiden, wurde ein Absinken der Zugspannung auf Null durch Einführung eines (virtuellen) Zugspannungsrestwerts im Materialgesetz verhindert. Dieser Zugspannungsrestwert in Höhe von $\sigma_z = 0,05 \text{ MN/m}^2$ wird im Weiteren als „Gummiband“ bezeichnet. Die zugehörige Grenzdehnung beträgt, wie auf der Druckseite, $3,0 \text{ ‰}$.

Bild 5.9 zeigt das angepasste Materialgesetz in einem Diagramm.

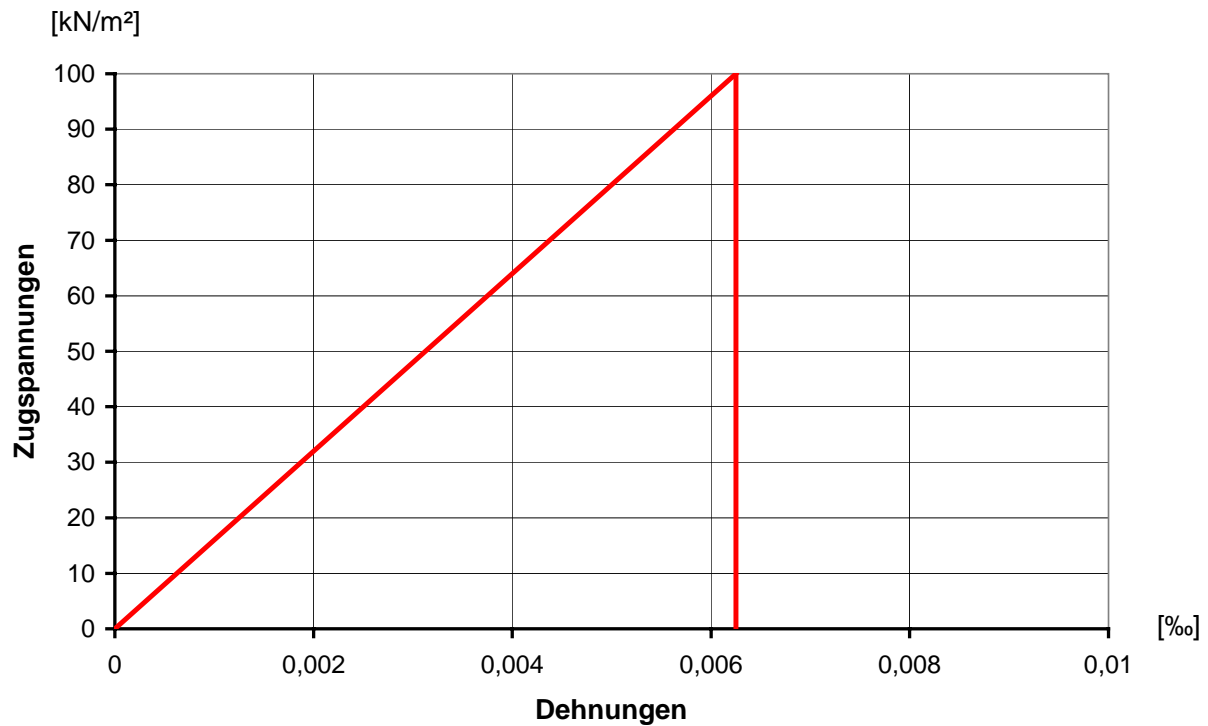


Bild 5.8: Materialgesetz für das Pfeilermauerwerk auf der Zugseite.

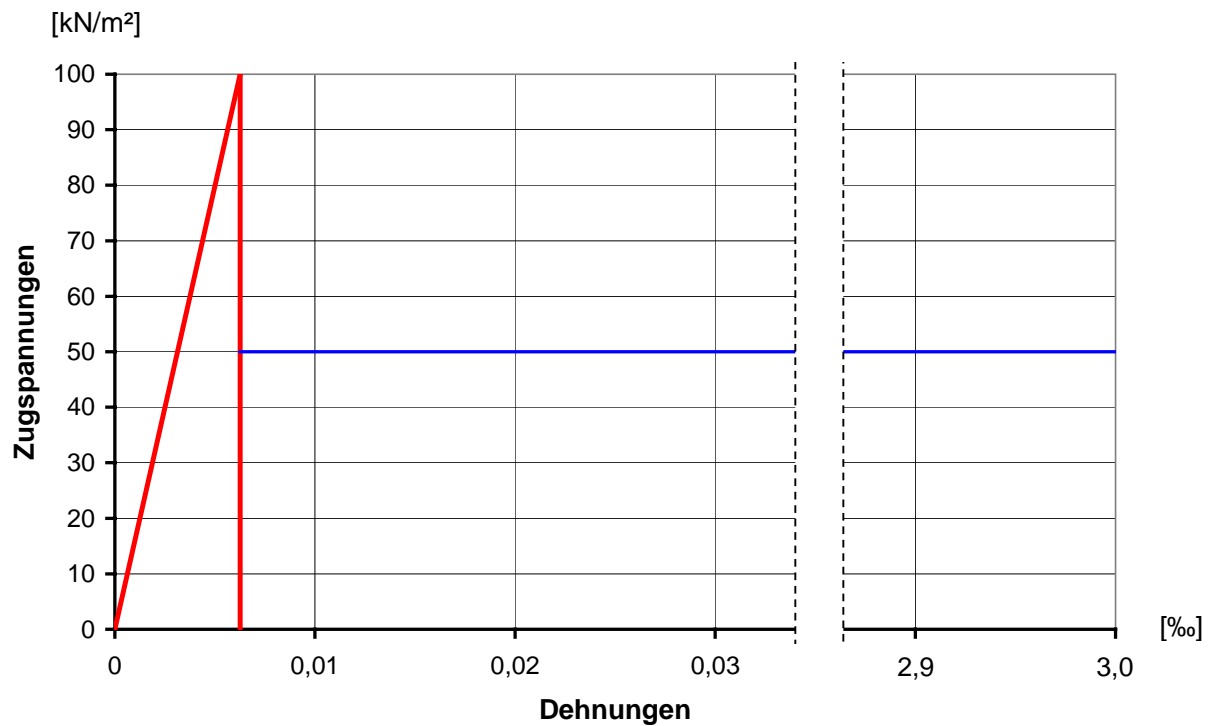


Bild 5.9: Materialgesetz für das Pfeilermauerwerk auf der Zugseite mit Darstellung des "Gummibandes".

Im Vergleich zu den hohen Druckbeanspruchungen des Pfeilermauerwerks macht der Fehler $50/12.500 = 0,004 = 4,0 \text{ ‰}$ aus. Dieses "Gummiband" im Mauerwerksverband erzeugt im System somit vernachlässigbare zusätzliche Steifigkeiten.

Zur Verdeutlichung und Überprüfung seines Einflusses werden zusätzlich auch Zugspannungsrestwerte für das „Gummiband“ in Höhe von $\sigma_z = 0,025 \text{ MN/m}^2$, $\sigma_z = 0,075 \text{ MN/m}^2$ und $\sigma_z = 0,100 \text{ MN/m}^2$ untersucht.

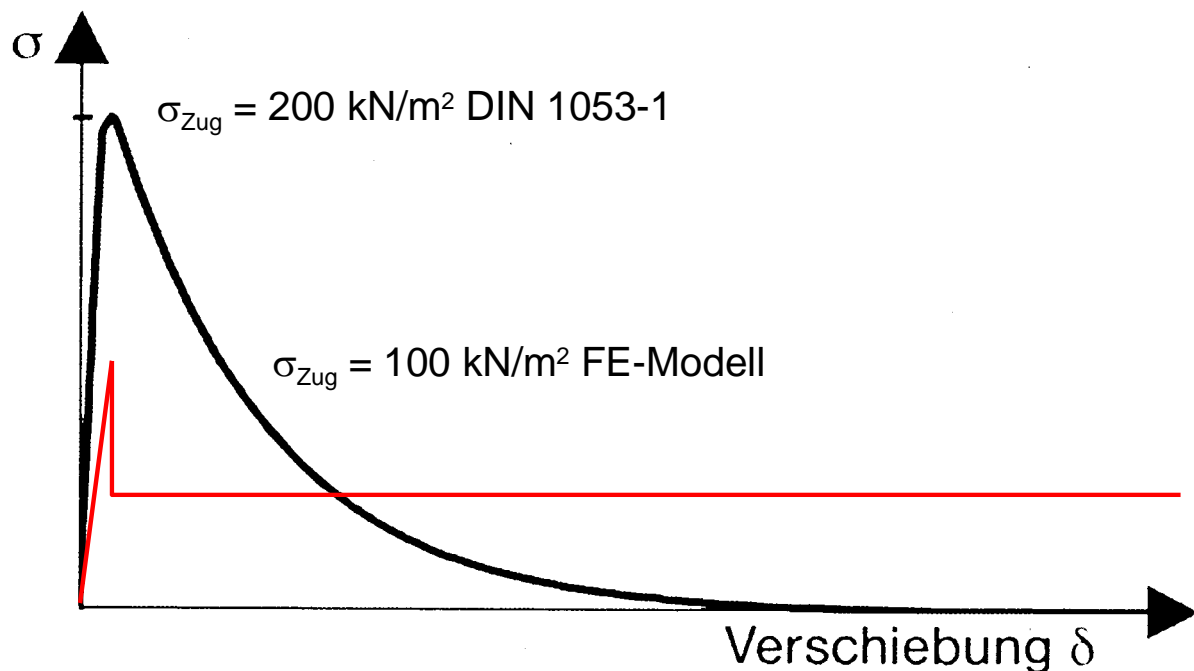


Bild 5.10: Vergleich der Arbeitsline im Viadukt auf der Zugseite (in rot dargestellt) zu der Arbeitlinie aus dem Zugversuch (in schwarz dargestellt).

Bild 5.10 zeigt in einem Vergleich die Darstellung der Restzugfestigkeit (schwarze Linie) bei Annahme der Zugfestigkeit gemäß Norm von $\sigma_{\text{Zug}} = 200 \text{ kN/m}^2$ zu der in der FE-Berechnung angenommenen Arbeitslinie auf der Zugseite (rote Linie) bei einer Zugfestigkeit von $\sigma_{\text{Zug}} = 100 \text{ kN/m}^2$. Nennenswerte zusätzliche Steifigkeiten durch die Simulation des "Gummibandes" auf der Zugseite sind nicht abzulesen. Das Modell rechnet durch diesen rechentechnischen Eingriff mechanisch einwandfrei.

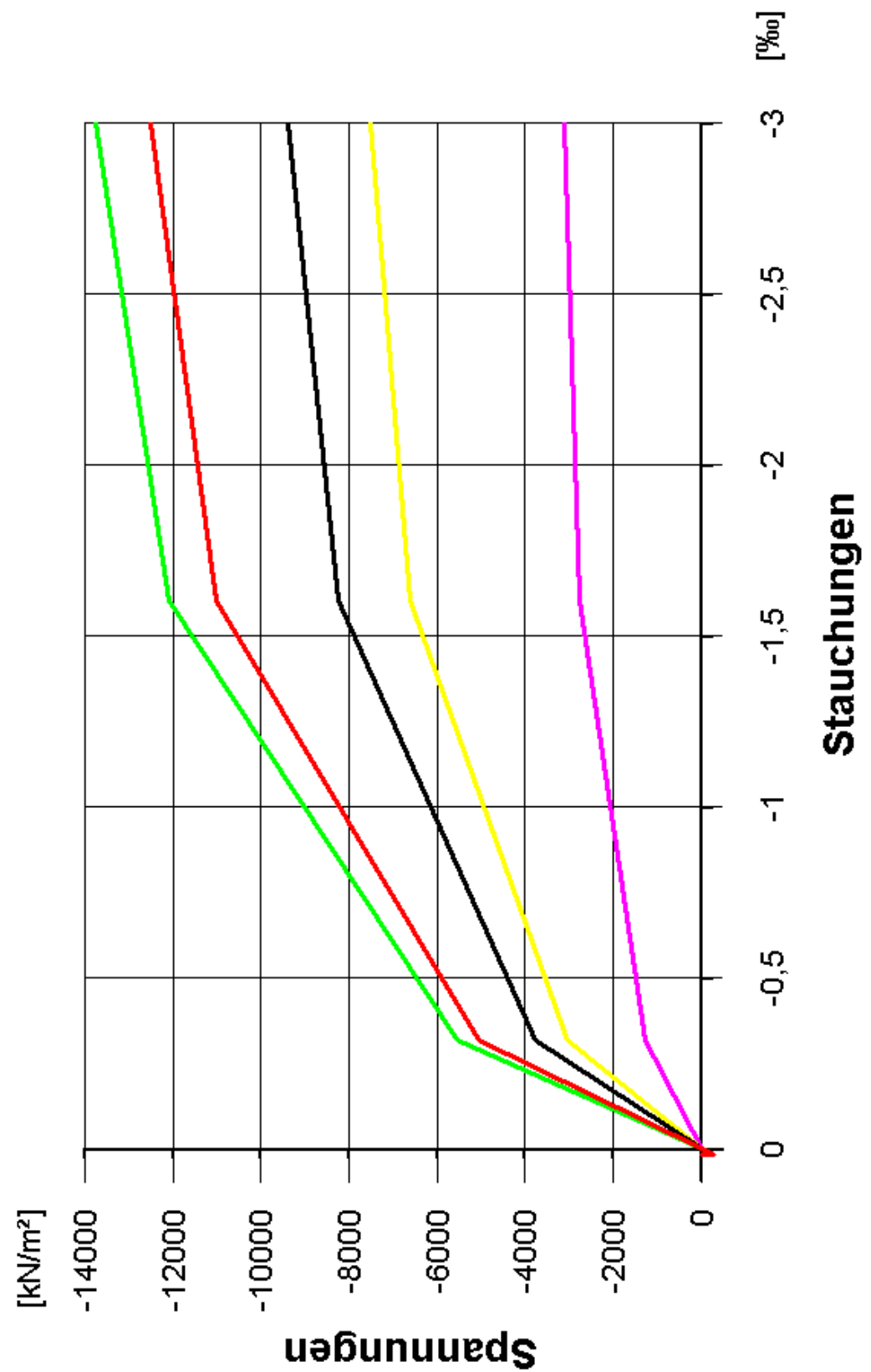


Bild 5.11: Arbeitslinien für das Mauerwerk im FE-Modell, — Gewölbe-, — Pfeiler-, — Mittelwand-, — Außenwandmauerwerk und — Verfüllung.

6. FE-Vergleichsberechnungen

6.1 Allgemein

Längsgegliederte Aufmauerungen von Bogenbrücken aus Mauerwerk werden infolge Auflast scheibenähnlich beansprucht.

In der Wandebene haben zweiachsig beanspruchte Mauerwerkswände (siehe Bild 6.1) auch scheibenähnliche Beanspruchungen.

Für die Modellprüfung mittels der Finite-Elemente-Methode wird daher ein Fremdversuch [L5] ausgesucht, bei dem eine Mauerwerkswand durch vertikale und in der Wandebene verlaufende horizontale Lasten beansprucht wird. Bild 6.1 zeigt die Versuchsanordnung und schematisch die zugehörigen Lasten.

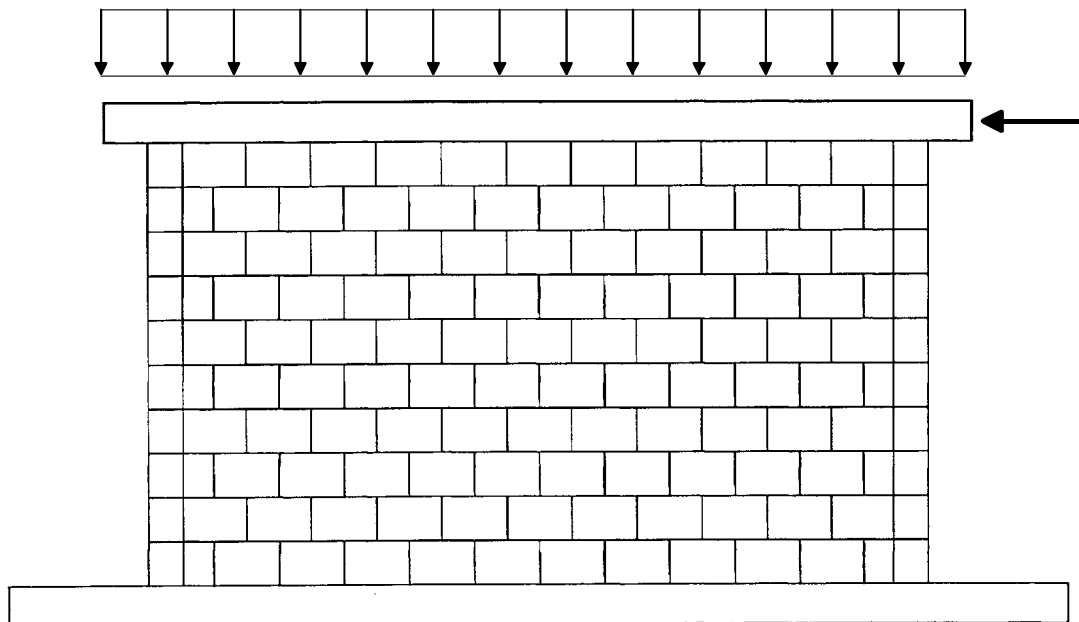


Bild 6.1: Mauerwerkswand mit zweiachsiger Beanspruchung [L5].

Die im Mauerwerksversuch festgestellten Mauerwerkskennwerte [L5] sind ähnlich groß wie die der Aufmauerung des Bahrmühlenviaduktes [G10/11/12]. In der nachfolgend beschriebenen FE-Nachberechnung werden nicht die vorhandenen Materialwerte des Wandversuchs verwendet, sondern die Materialkennwerte des Mauerwerks des Bahrmühlenviaduktes (Aufmauerungsmauerwerk).

Die FE-Rechnung (FE-Programm ANSYS® Version 7.1) mit den Materialgesetzen des Bahrmühlenviadukts soll zeigen, dass dieses für die Nachrechnung zweiachsiger Wandscheiben-Beanspruchungen geeignet ist.

Bei der FE-Modellierung der Vergleichsberechnung der Versuche wurde die Makromodellierung gewählt (siehe dazu Bild 6.2). Makromodelle simulieren den Werkstoff Mauerwerk als „verschmiertes“ Gesamtmodell. Die Geometrie der Steine und des Fugenrasters werden nicht in das FE-Modell übertragen, d.h. einzelne Fugen oder Steine werden im Modell nicht abgebildet. Hintergrund der Entscheidung für den Einsatz eines Makromodells ist, dass bei der Berechnung komplexer Strukturen, wie dies bei der Diskretisierung von großen Eisenbahnviadukten der Fall ist, nur ein Makromodell rechentechnisch beherrschbar ist.

Zur Sicherung der Realitätsnähe und der Prognosefähigkeit muss das Materialmodell auf die mauerwerkspezifischen Werkstoffeigenschaften des Bahrmühlenviadukts abgestimmt werden. Für Beanspruchung auf "Biegung" werden in der FE-Berechnung das Pfeiler- und Gewölbemauerwerk herangezogen, für Beanspruchung auf "Schub" das Pfeiler- und Aufmauerungsmauerwerk.

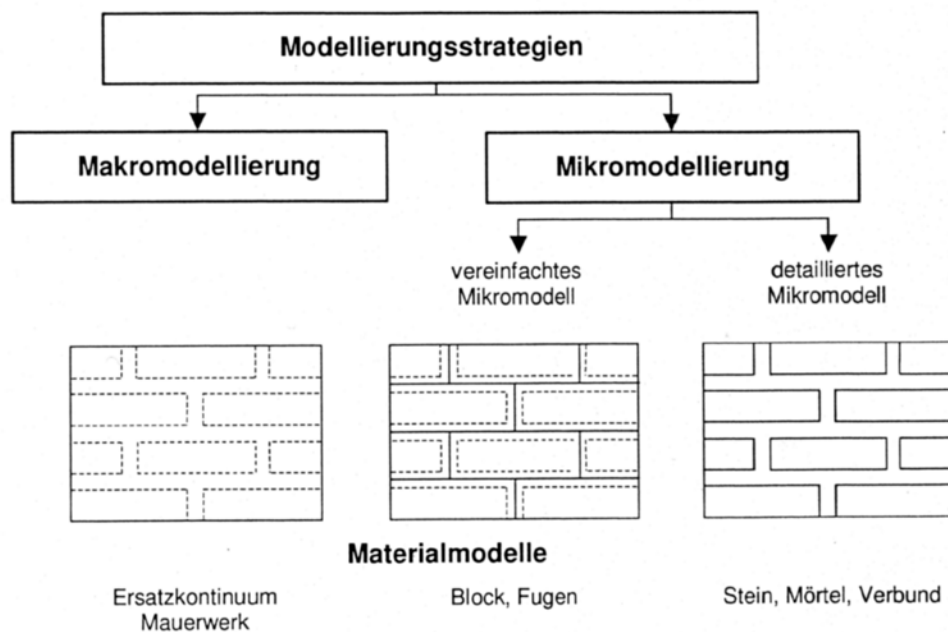


Bild 6.2: Darstellung der verschiedenen Modellierungsstrategien für Mauerwerk [S7].

6.2 Versuch ZW1 an einer Wandscheibe aus Mauerwerk von Lurati/ Thürlimann

Der Versuchsaufbau der Mauerwerks-Versuche von Lurati/ Thürlimann [L5] ist in Bild 6.3 dargestellt. Im Versuch ZW1 wurde eine 15,0 cm breite Mauerwerkswand auf einer

18,0 cm dicken Betonplatte hergestellt. Die Betonplatte war durch ein

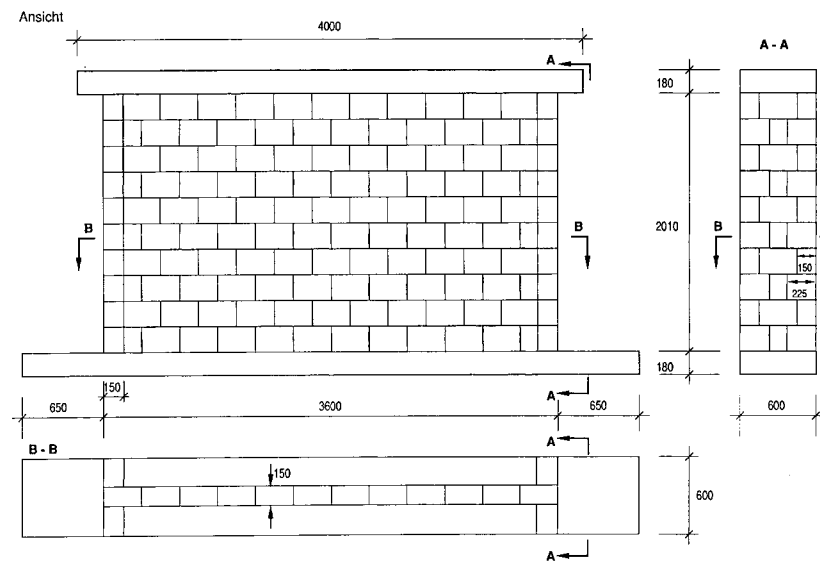


Bild 6.3: Ansicht und Schnitt des Versuchsaufbaus von Lurati und Thürlimann [L5].

Stahlwiderlager horizontal gehalten. Flansche (15,0 cm x 60,0 cm) verstärkten die Mauerwerkswand an den Seiten. Auf dem oberen Rand der Mauerwerkswand wurde eine 18,0 cm dicke Betonplatte im Mörtelbett verlegt.

Tabelle 6.1: Materialkennwerte der Wand ZW1 von Lurati und Thürlimann [L5].

	[MN/m ²]
E-Modul E_x	13.900,0
E-Modul E_y	9.400,0
Steindruckfestigkeit f_{mx}	9,9
Horizontale Steindruckfestigkeit f_{my}	6,7
Steinzugfestigkeit f_{tx}	1,2

Eine gleichmäßig verteilte vertikale Druckkraft wurde über die obere Betonplatte einge-
leitet. Während des gesamten Versuchs betrug diese konstante Last 419,0 kN (ent-
spricht der Last im untersten Geschoss eines vierstöckigen Gebäudes). Zusätzlich wur-
de im Bereich der oberen Betonplatte eine horizontale Druckkraft eingeleitet, die bis
zum Versagen der Wand gesteigert wurde (siehe dazu Bild 5.1).

Die Materialkennwerte für das Mauerwerk im Versuch ZW1 sind in Tabelle 6.1 aufge-
tragen. Diese Werte sind den Materialwerten für das Aufmauerungsmauerwerk des
Bahrmühlenviaduktes sehr ähnlich, die in Tabelle 6.2 aufgetragen sind.

Die Nachrechnung des Versuchs ZW1 mit der FE-Methode wird mit den Materialkennwerten des Aufmauerungsmauerwerks des Bahrmühlenviaduktes durchgeführt.

Die Nachrechnung des Versuchs mit den ähnlich großen Materialwerten des Bahrmühlenviadukts soll zeigen, dass das Materialgesetz geeignet ist, den Versuch ZW1 mit FE-Makrostrukturen nachzurechnen.

Tabelle 6.2: Materialkennwerte für das Aufmauerungsmauerwerk des Bahrmühlenviaduktes [G10/11/12].

	[MN/m ²]
E-Modul E_x	12.000,0
Steindruckfestigkeit f_{mx}	9,375
Steinzugfestigkeit f_{tx}	0,1

Im FE-Programm wurde die in Bild 6.4 beschriebene Arbeitslinie verwendet.

Der Druckbereich, der mit einer blauen Linie dargestellt ist, wird durch eine trilineare Funktion beschrieben; die maximale Druckfestigkeit beträgt $-9,375 \text{ MN/m}^2$ (-9.375 kN/m^2 im Bild 6.4) und wird bei einer Stauchung von $-3,0 \text{ ‰}$ erreicht. Der Zugbereich, der durch eine kurze rote Linie dargestellt ist, wird durch eine bilineare Funktion beschrieben. Die maximale Zugfestigkeit beträgt $0,1 \text{ MN/m}^2$ (100 kN/m^2 im Bild 6.4) und wird bei einer Dehnung von $0,006 \text{ ‰}$ erreicht.

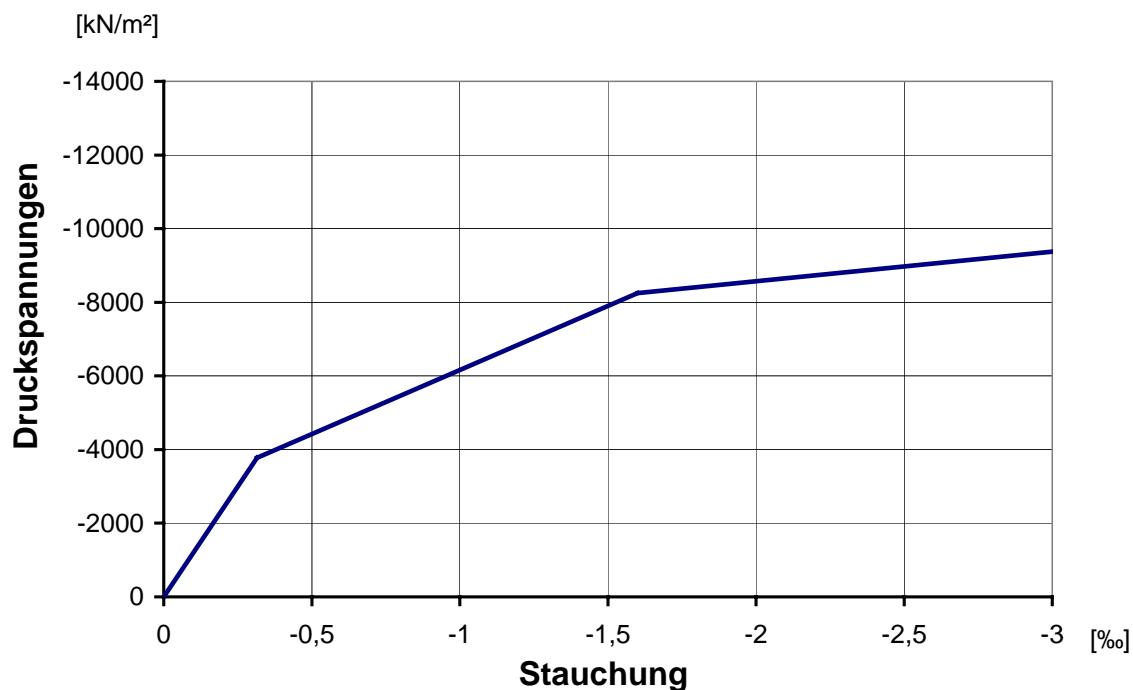


Bild 6.4: Materialgesetz für das Mittelwandmauerwerk des Bahrmühlenviadukts.

6.2.1 Ergebnis der FE-Berechnung der Wand ZW1

Bild 6.5 zeigt die Ergebnisse der FE-Berechnung (FE-Programm ANSYS® Version 7.1) der Wand des Versuchs ZW1. Graphisch dargestellt sind die horizontalen Verformungen exemplarisch im Loadstep 9 (Horizontalkraft ist gleich 296,25 kN) bei gleichzeitiger Beanspruchung durch das Eigengewicht und eine Auflast von 419,0 kN.

Bei dieser Horizontallast wird der obere Rand der Wandscheibe um 0,959 mm verschoben.

Bild 6.6 zeigt für den gleichen Lastfall die Hauptdruckspannungen in der Wand. Im unteren linken Wandbereich, wo sich die Mauerwerkswand gegen die Betonplatte abstützen kann, erreichen die Hauptdruckspannungen im Mauerwerk einen Wert von $-3,50 \text{ MN/m}^2$ (im Bild 6.7 dunkelgrün).

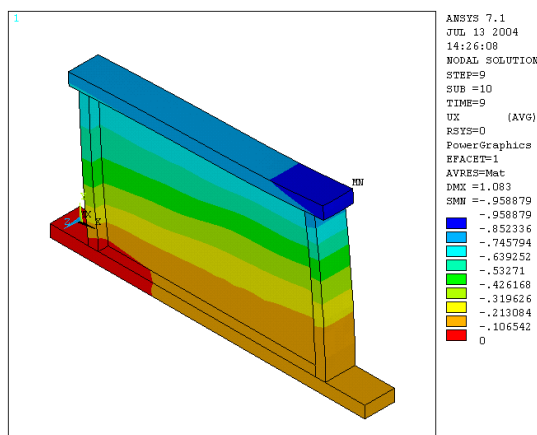


Bild 6.5: Isometrische Darstellung der Verformungen infolge Eigengewicht, Auflast und Horizontallast von 296,25 kN.

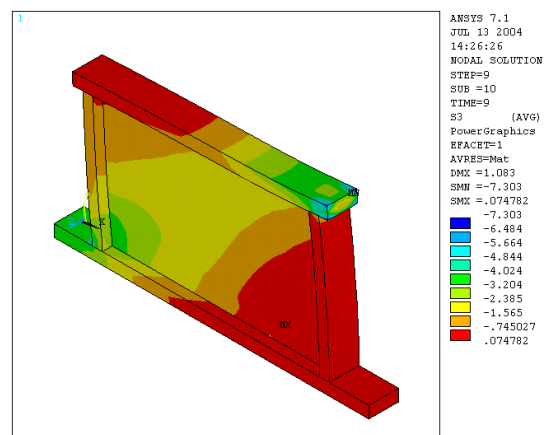


Bild 6.6: Isometrische Darstellung der Hauptspannungen infolge Eigengewicht, Auflast und Horizontallast von 296,25 kN.

In Bild 6.7 sind die Versuchsergebnisse der Wand und die FE-Berechnungsergebnisse in einer Graphik gegenübergestellt.

Aufgetragen ist die Horizontalkraft [kN], die in die Kopfplatte eingeleitet wird, über die sich einstellenden Kopfpunktverschiebungen [mm].

Im Versuch Wand ZW 1 konnte eine maximale Horizontallast von 353 kN getragen werden.

Zusätzlich ist in Bild 6.7 der Bereich grün gekennzeichnet, in dem die Hauptdruckspannungen im Mauerwerk den Wert von $-2,66 \text{ MN/m}^2$ nicht überschreiten. Dieser Grenzwert der zulässigen Hauptdruckspannungen im Mauerwerk ist dem Gutachten [G10/11/12] über das Mauerwerk des Bahrmühlenviaduktes entnommen. In dem Gutachten wird der Wert von $-2,66 \text{ MN/m}^2$ als maximal zulässige Druckspannung für das historische Pfeilermauerwerk definiert.

Abbruch der FE – Berechnung bei 388 kN

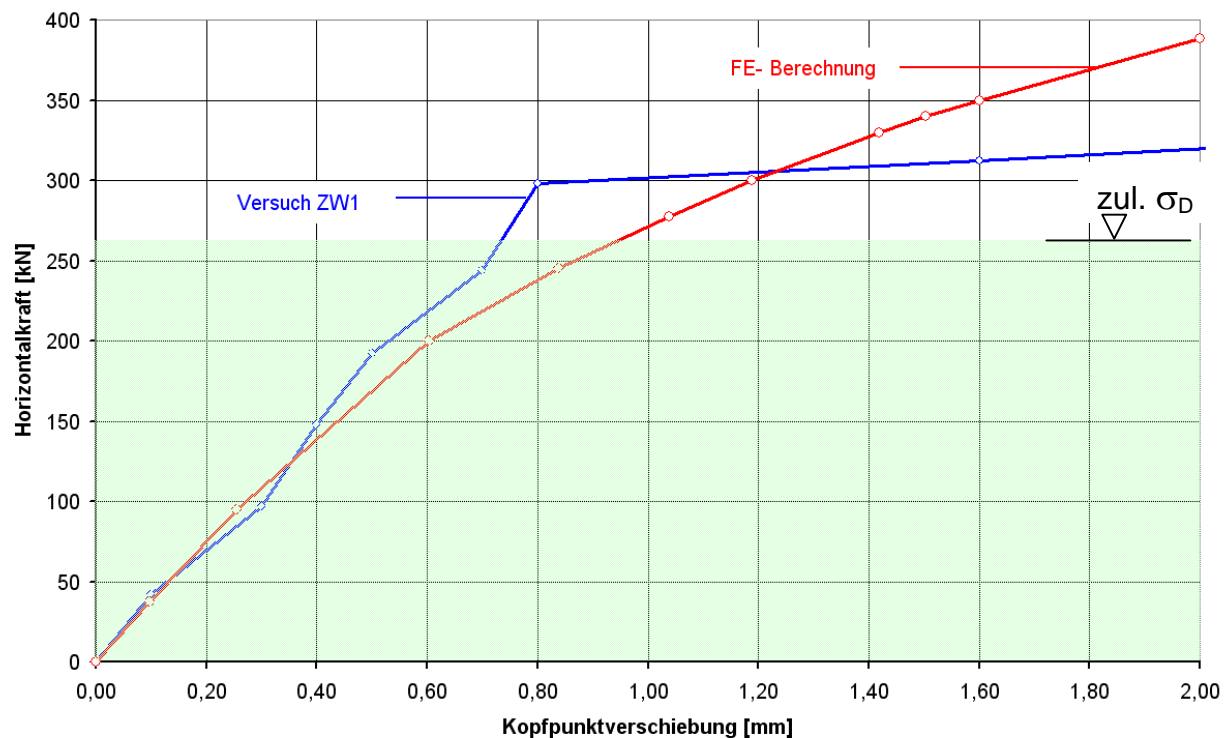


Bild 6.7: Lastverschiebungskurven der Versuchsergebnisse der Wand ZW1 [lu] und der FE-Berechnung.

Auf Bild 6.8 ist die untere linke Ecke der Wandscheibe vergrößert dargestellt – der Bereich, in dem die Wandscheibe sich gegen die untere Betonplatte abstützt.

Der untere räumlich waagerechte Teil stellt die Betonplatte dar. Von der Wandscheibe ist der untere Teil zu sehen, der in die vertikal aufsteigende Lisene einbindet.

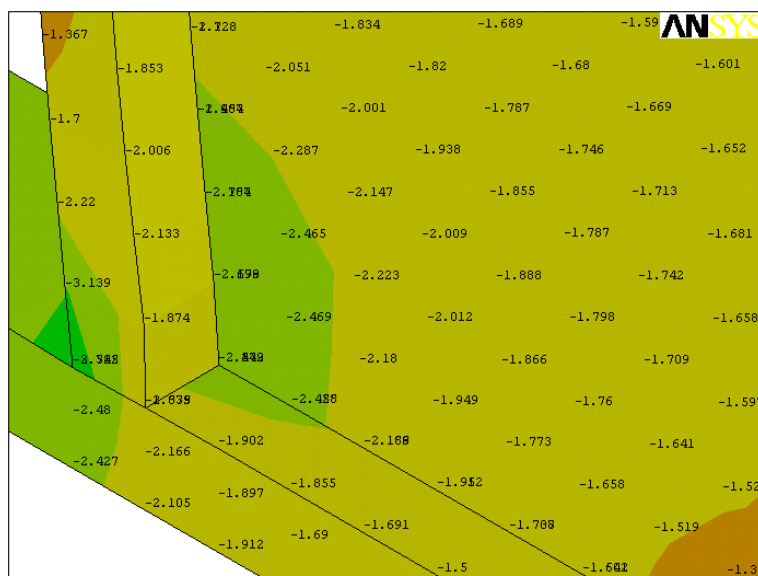


Bild 6.8: Werte der Hauptdruckspannungen [MN/m²] der FE-Berechnung in der Wandscheibe.

Zu sehen ist, dass im unteren Wandbereich die Hauptdruckspannungen im Mauerwerk den Wert von $-2,698 \text{ MN/m}^2$ (dunkelgrün eingefärbt) erreichen. Das entspricht den maximal zulässigen Hauptdruckspannungen im Mauerwerk gemäß Gutachten [G10/11/12].

Im grün angelegten Bereich (Bild 6.7) zeigt die FE-Berechnung eine sehr

gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen des Versuchs Wand ZW1.

Im Ergebnis ist festzustellen, dass die Materialwerte des Bahrmühlenviadukts und das daraus abgeleitete Materialgesetz geeignet sind, den Versuch ZW1 mit FE-Makrostrukturen nachzurechnen. Insbesondere trifft dies für den Bereich der für das Mauerwerk des Bahrmühlenviadukts zulässigen Hauptdruckspannungen gemäß [G10/11/12] zu.

6.3 Versuch ZW2 an einer Wandscheibe aus Mauerwerk von Lurati/ Thürlimann

Der Versuchsaufbau, die Abmessungen und die Materialwerte der Wand des Versuchs ZW2 sind die gleichen wie für die Wand ZW1 (vergl. Bild 6.3). Bei der Wand ZW2 ist gegenüber der Wand ZW1 die ständig wirkende vertikale Auflast auf 833 kN

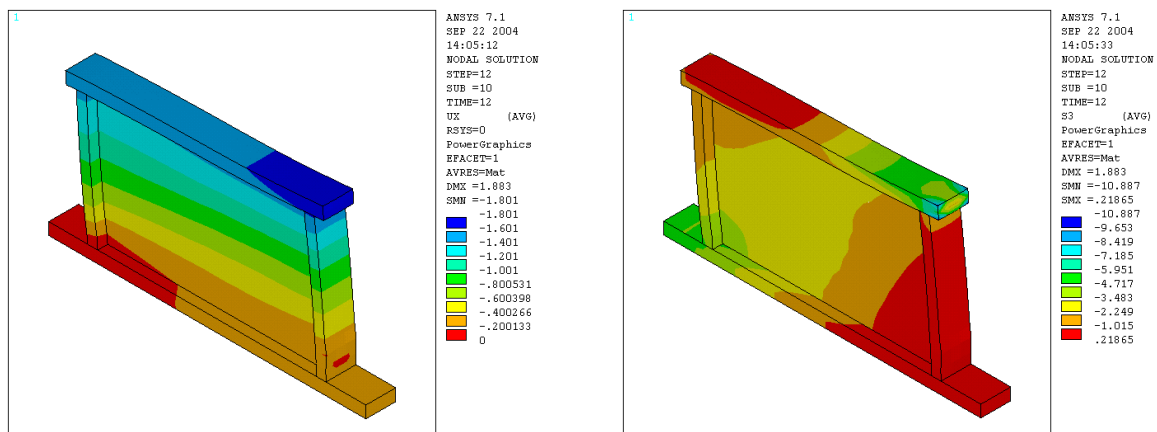


Bild 6.9: Isometrische Darstellung der Verformungen infolge Eigengewicht, Auflast und Horizontallast von 500,0 kN.

Bild 6.10: Isometrische Darstellung der Hauptspannungen infolge Eigengewicht, Auflast und Horizontallast von 500,0 kN.

gesteigert worden. Dies entspricht der Last im untersten Geschoss eines achtstöckigen Gebäudes.

Wie bei der Nachberechnung der Wand ZW1 werden auch hier für das Mauerwerk die Materialwerte für das Aufmauerungsmauerwerk des Bahrmühlenviaduktes verwendet.

Bild 6.9 und Bild 6.10 zeigt graphisch die FE-Ergebnisse für den Lastfall Eigengewicht, Auflast und Horizontallast von 500,0 kN. In einer Isometrie sind für diesen Lastfall exemplarisch die Verformungen und die dazugehörigen Hauptspannungen dargestellt.

Zu sehen ist im unteren linken Wandbereich des Bildes 6.10, wo die Mauerwerkswand sich gegen die Betonplatte abstützen kann, dass die Hauptdruckspannungen im Mauerwerk einen Wert von $-5,50 \text{ MN/m}^2$ (im Bild 6.10 grün) erreichen.

In Bild 6.11 sind die Versuchsergebnisse der Wand ZW2 und die FE-Berechnungsergebnisse in einer Graphik gegenübergestellt. Auch hier ist die Horizontalkraft [kN], die in die Kopfplatte eingeleitet wird, über die sich einstellenden Kopfpunktverschiebungen [mm] aufgetragen. Zusätzlich ist der Bereich grün gekennzeichnet, in dem die Hauptdruckspannungen im Mauerwerk den Wert von $-2,66 \text{ MN/m}^2$ nicht überschreiten. Bei Horizontallasten größer als 260 kN wird dieser Grenzwert im Mauerwerk überschritten. Die FE-Berechnung wurde bis zu einer Horizontallast von 680 kN durchgeführt.

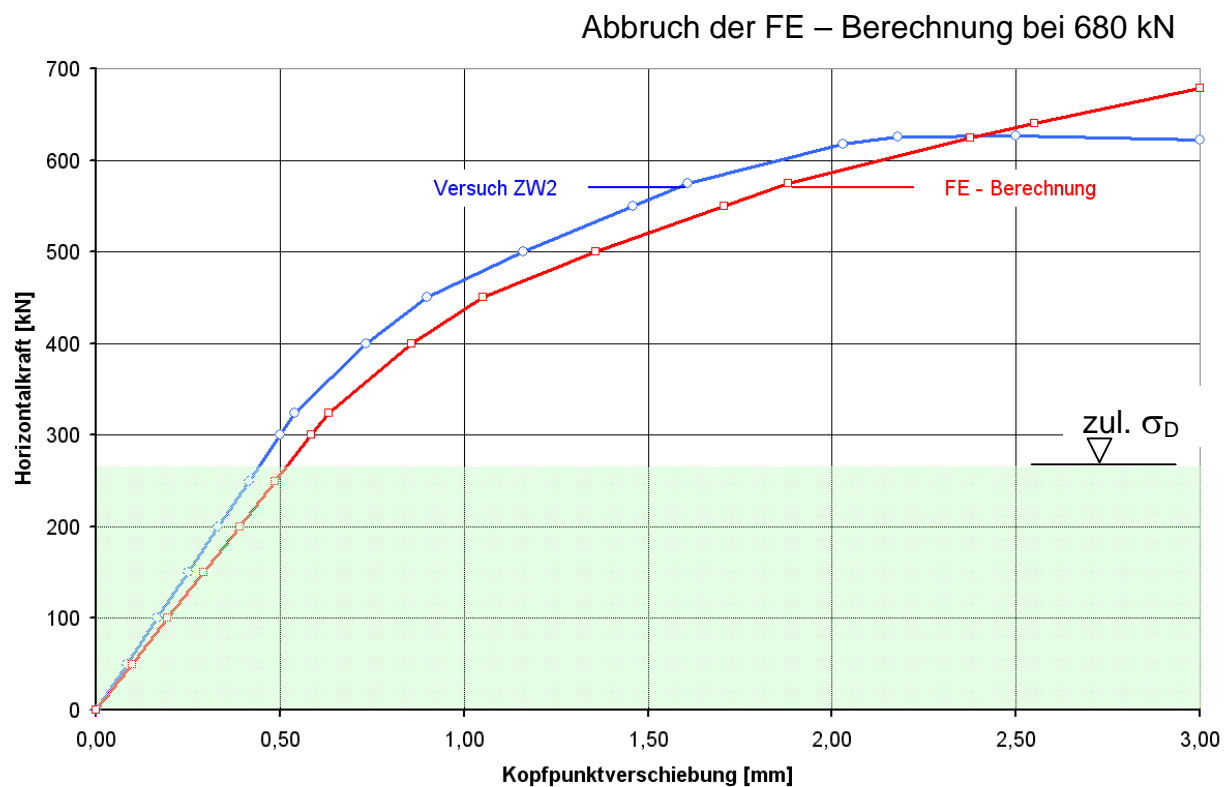


Bild 6.11: Lastverschiebungskurven der Versuchsergebnisse der Wand ZW2 [L5] und der FE-Berechnung.

Im grün angelegten Bereich (Bild 6.11) zeigt die FE-Berechnung eine sehr gute Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen der Wand ZW2. Größere Abweichungen auch oberhalb des nicht grün eingetragenen Bereichs sind nicht festzustellen.

6.3.1 Ergebnis der FE-Berechnung der Wand ZW2

Die FE-Berechnungen (FE-Programm ANSYS® Version 7.1) des Versuchs Wand ZW2 mit dem Materialgesetz für das Außenwandmauerwerk zeigt einen ähnlichen Kraft-Verformungsverlauf wie die im Versuch ermittelten Werte.

Die berechneten horizontalen Kopfverschiebungen sind etwas größer als die im Versuch ZW 2 gemessenen Werte.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die beiden in der FE-Analyse eingesetzten Materialgesetze geeignet sind, das Trag- und Verformungsverhalten von Mauerwerk unter großen Vertikal- und Horizontallasten realitätsnah zu beschreiben.

6.4 Versuch K2 an einer Wandscheibe aus Mauerwerk von Mojsilovic/ Marti

Der Versuch an der Wandscheibe K2 soll das Verformungsverhalten von Mauerwerk unter einer Last quer zur Wandebene (Biegebeanspruchung) bei gleichzeitiger, großer, konstanter vertikaler Auflast zeigen.

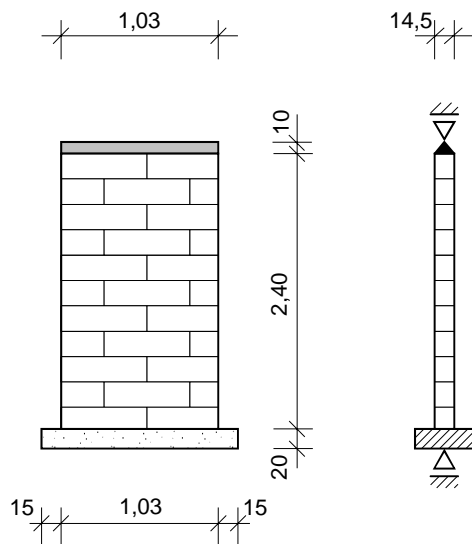


Bild 6.12: Versuchsaufbau der Wand K2 in Ansicht und Schnitt [M12].

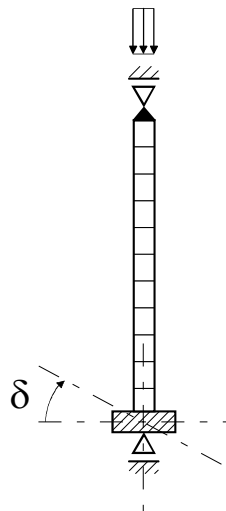


Bild 6.13: Versuchsaufbau der Wand K2 im Schnitt mit Lasten [M12].

Bild 6.12 zeigt den prinzipiellen Versuchsaufbau der Wand K2. Die 2,40 m hohe und 1,03 m breite Mauerwerkswand ist am oberen und am unteren Rand gelenkig gelagert. Die Wandsdicke beträgt 14,5 cm. Am oberen Ende der Wand ist eine dreieckförmige Stahlplatte angeordnet, um die gelenkige Linienlagerung sicherzustellen. Unten lagert die Wand auf einer 20,0 cm dicken und 40,0 cm breiten Stahlbetonplatte auf. Am oberen Ende der Wand wurde eine über den Versuch kon-

stante, gleichmäßig verteilte, vertikale Druckkraft von 326,0 kN über die Stahlplatte einge-
leitet. Unten an der Wand wurde zusätzlich eine Fußverdrehung δ durch ein Moment auf-
gebracht. Diese Fußverdrehung δ wurde weg-
gesteuert bis zum Versagen der Wand gesteigert. Bild 6.13 zeigt den Versuchsaufbau im
Schnitt mit Darstellung der vertikalen Auflast sowie der Fußverdrehung δ . Die Materialkenn-
werte des Mauerwerks der Wand K2 sind in
Tabelle 5.4 aufgetragen.

Tabelle 6.3: Materialkennwerte der Wand K2 von Mojsilovic und Marti [M12/13].

	[MN/m ²]
E-Modul E_x	11.800,0
E-Modul E_y	5.400,0
Steindruckfestigkeit f_{mx}	11,8
Horizontale Steindruckfestigkeit f_{my}	7,3
Steinzugfestigkeit f_{tx}	0,47

Auch hinsichtlich des Versuchs K2 ist eine vergleichende FE-Berechnung (FE-Programm ANSYS® Version 7.1) mit den Materialkennwerten des Bahrmühlenviaduktes (Pfeilermauerwerk, Tabelle 6.2) durchgeführt worden.

Im Versuch K2 konnte von der Wand ein maximales Moment von 18,8 kNm getragen werden. Die FE-Berechnung ermittelte ein maximales aufnehmbares Moment von 19,9 kNm, das entspricht einer Ausmitte e der Vertikallast von 67,7 mm bzw. einem Verdrehwinkel δ von 1,10°.

Bild 6.14 zeigt die isometrische Darstellung der horizontalen Verformungen der FE-Berechnung für die Wand K2 für eine Winkelverdrehung δ von 0,75°, das entspricht einer Ausmitte e der Vertikallast von 64,6 mm.

Bild 6.15 zeigt für diesen Lastfall die Hauptspannungen. Im unteren Wandbereich, wo die Mauerwerkswand an die Betonplatte angeschlossen ist, erreichen die Hauptdruckspannungen einen Wert von -9,30 MN/m².

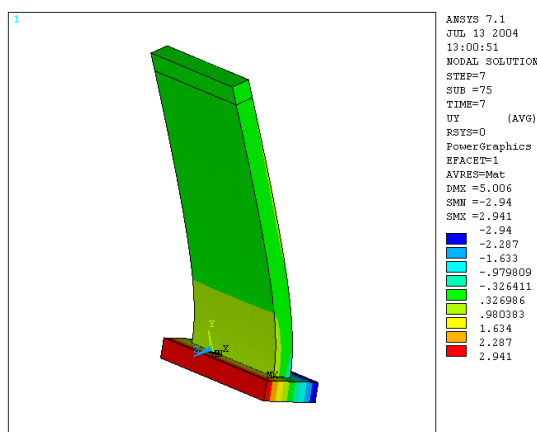


Bild 6.14: Isometrische Darstellung der Verformungen infolge Eigengewicht, Auflast und Winkelverdrehung von 0,75°. (Die Darstellung der Verdrehung ist stark überhöht).

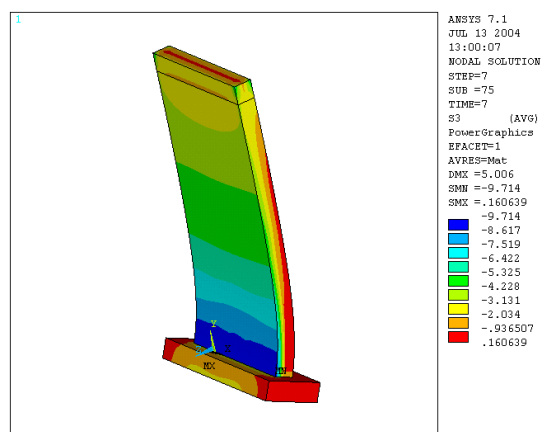


Bild 6.15: Isometrische Darstellung Hauptspannungen infolge Eigengewicht, Auflast und Winkelverdrehung von 0,75°. (Die Darstellung der Verdrehung ist stark überhöht).

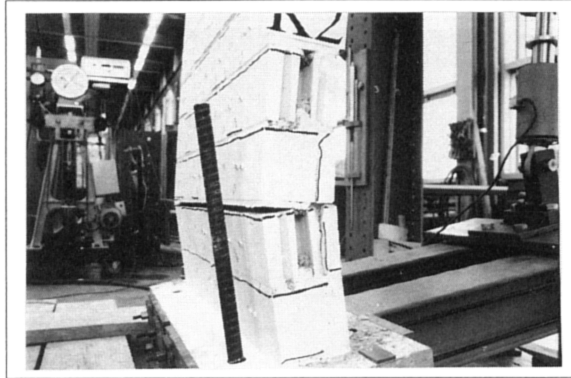


Bild 6.16: Bruchbild im Versuch Wand K2 [M12].

Ein Bruchbild für die Versuchsreihe K2 zeigt Bild 6.16. Gut zu erkennen ist, dass das Versagen in der Lagerfuge auftritt, die sich zwei Fugen oberhalb der unteren Stahlbetonplatte befindet, d.h. in einer Höhe von 25 cm. In der FE-Berechnung liegt der Versagensort im Bereich der maximalen Zugbeanspruchung bei 22,5 cm oberhalb der unteren Stahlbetonplatte.

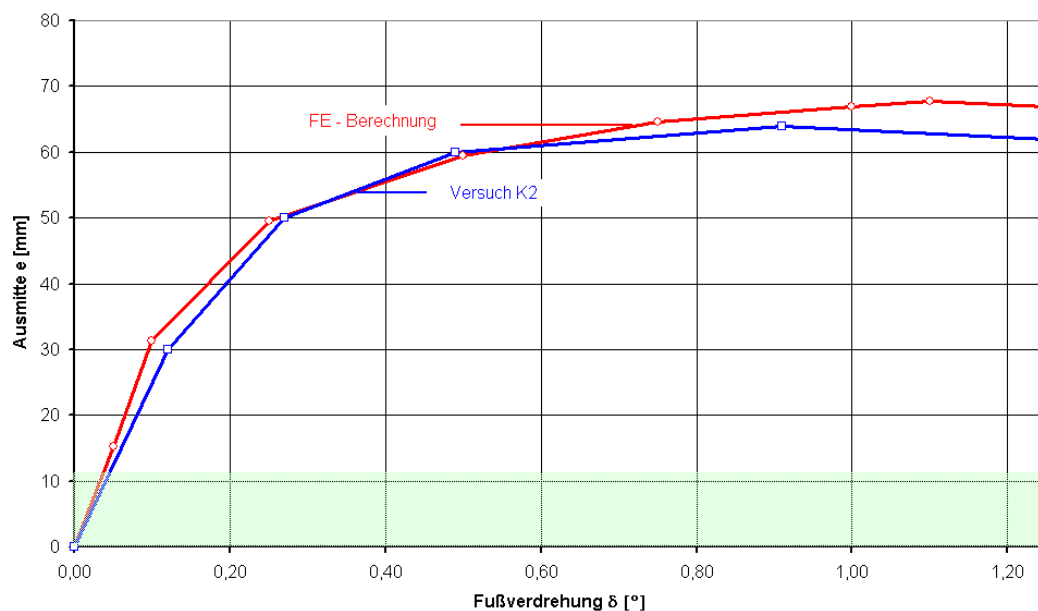


Bild 6.17: Lastverschiebungskurven der Versuchsergebnisse der Wand K2 [M12] und der FE-Berechnung.

In Bild 6.17 sind die Versuchsergebnisse der Wand K2 und die FE-Berechnungsergebnisse in einer Graphik gegenübergestellt.

Zusätzlich ist in Bild 6.17 der Bereich grün gekennzeichnet, in dem die Hauptdruckspannungen im Mauerwerk den Wert von $-2,66 \text{ MN/m}^2$ nicht überschreiten.

Bei einer Fußverdrehung δ von $1,25^\circ$ ist die FE-Berechnung abgebrochen worden. Die maximale Ausmitte e von 67,7 mm wurde bei einer Fußverdrehung δ von $1,10^\circ$ erreicht. Die FE-Berechnung zeigt eine sehr gute Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen der Wand K2.

Das etwas steifere Verformungsverhalten ist mit der größeren Festigkeit des Pfeilermauerwerks des Bahrmühlenviaduktes gegenüber dem Versuchsmauerwerk K2 zu erklären.

6.4.1 FE – Vergleichsberechnung mit Gewölbemauerwerk

In der FE-Berechnung (FE-Programm ANSYS® Version 7.1) der Wand K2 wurden die in Tabelle 6.2 angegebenen Materialkennwerte des Pfeilermauerwerks verwendet.

Da das Gewölbemauerwerk des Bahrmühlenviadukts Biegebeanspruchungen durch den Eisenbahnoberbau erfährt, wird eine weitere FE-Berechnung mit dem Materialgesetz des Gewölbemauerwerks des Bahrmühlenviaduktes durchgeführt. Tabelle 6.4 zeigt das Materialgesetz für das Gewölbemauerwerk.

Tabelle 6.4: Materialkennwerte für das Gewölbemauerwerk des Bahrmühlenviaduktes.

	[MN/m ²]
E-Modul E_x	17.600,0
Steindruckfestigkeit f_{mx}	13,75
Steinzugfestigkeit f_{tx}	0,1

Bild 6.18 zeigt die Arbeitslinie des Gewölbemauerwerks. Der Druckbereich, der mit einer grünen Linie dargestellt ist, wird durch eine trilineare Funktion beschrieben. Die maximale Druckfestigkeit beträgt $-13,75 \text{ MN/m}^2$ (-1.375 kN/m^2 im Bild 6.18) und wird bei einer Stauchung von $-3,0\text{‰}$ erreicht. Der Zugbereich, der durch eine kurze rote Linie dargestellt ist, wird durch eine bilineare Funktion beschrieben. Die

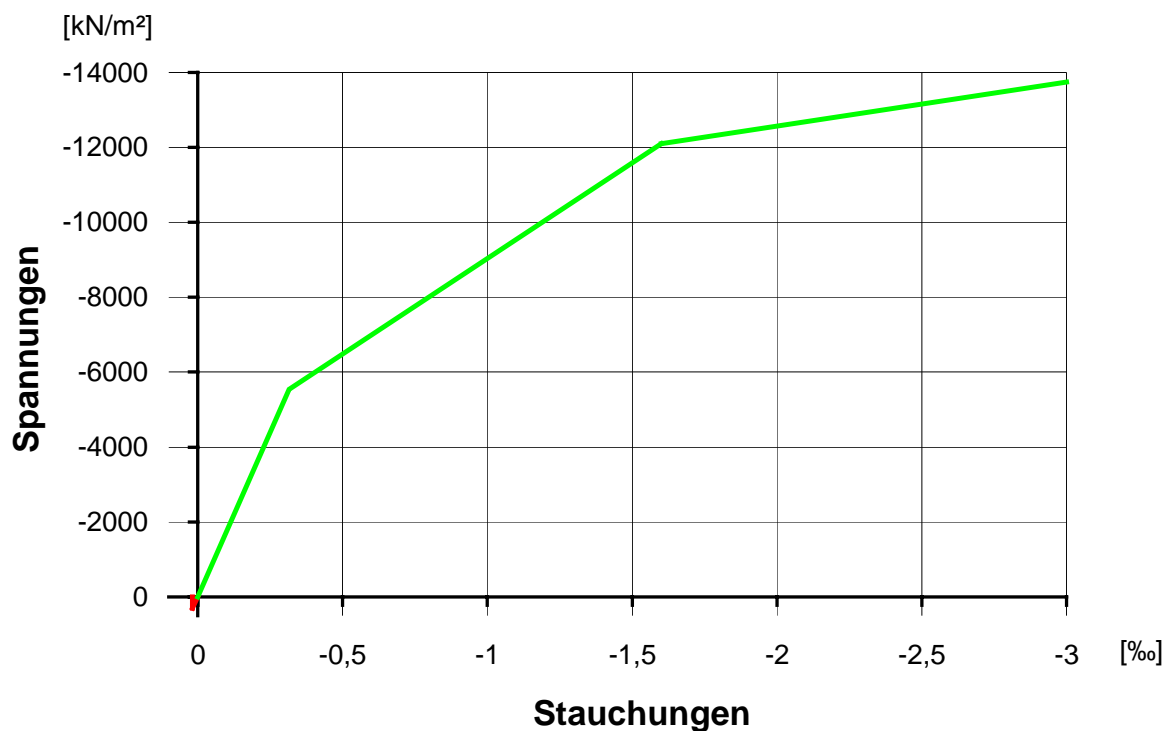


Bild 6.18: Materialgesetz für das Gewölbemauerwerk des Bahrmühlenviaduktes.

maximale Zugfestigkeit beträgt $0,1 \text{ MN/m}^2$ (100 kN/m^2 im Bild 6.18) und wird bei einer Dehnung von $0,01 \text{ ‰}$ erreicht.

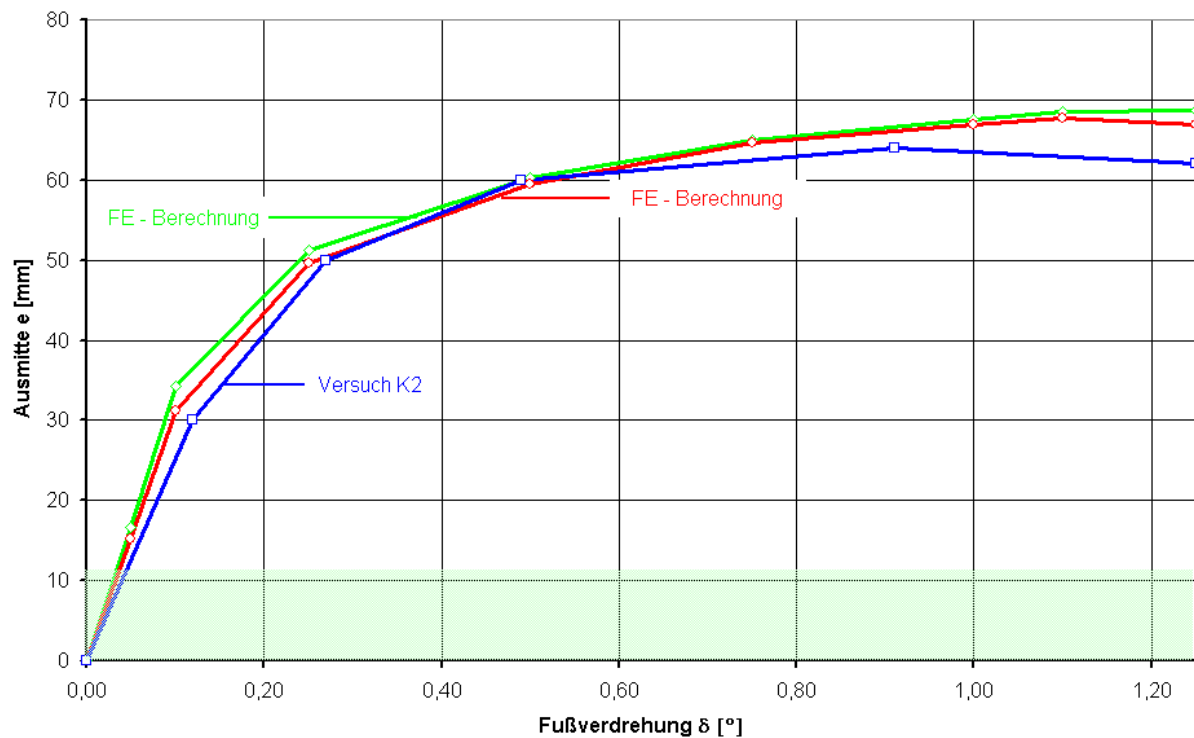


Bild 6.19: Lastverschiebungskurven der Versuchsergebnisse der Wand ZW2 [L5] und der FE-Berechnungen mit dem — Pfeiler- und dem — Gewölbemauerwerk.

Bild 6.19 zeigt den Vergleich der FE-Berechnungen des Pfeiler- (rote Linie) und des Gewölbemauerwerks (grüne Linie) mit den Werten des Versuchs K2 (blaue Linie).

Bei einer Fußverdrehung δ von $1,25^\circ$ Horizontallast ist die FE-Berechnung des Gewölbemauerwerks abgebrochen worden.

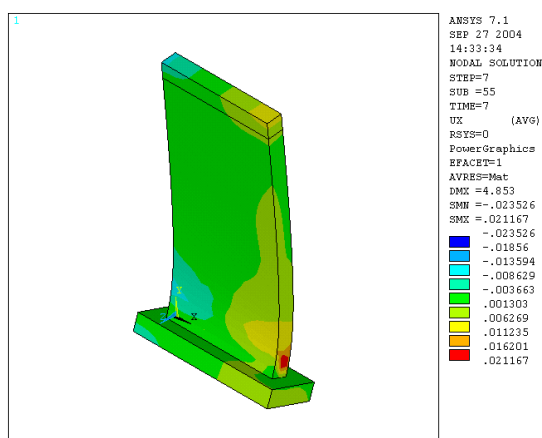


Bild 6.20: Isometrische Darstellung der Verformungen infolge Eigengewicht, Auflast und Winkelverdrehung von $0,75^\circ$.

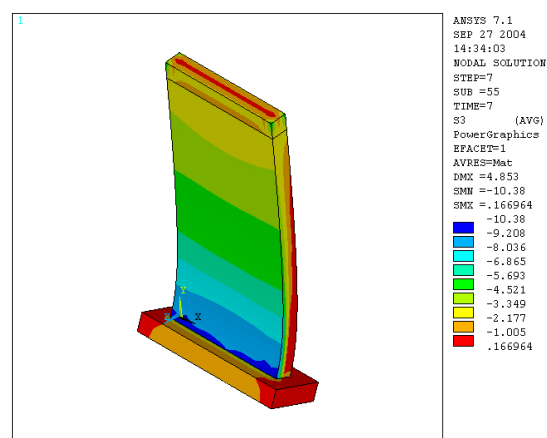


Bild 6.21: Isometrische Darstellung der Hauptspannungen infolge Eigengewicht, Auflast und Winkelverdrehung von $0,75^\circ$.

Die FE-Berechnung mit den Kennwerten des Gewölbemauerwerks (grüne Linie) des Bahrmühlenviaduktes zeigt erwartungsgemäß ein steiferes Materialverhalten als die des Versuchs- (blaue Linie) und des Pfeilermauerwerks (rote Linie).

Die FE-Berechnung ermittelte ein maximales aufnehmbares Moment von 20,1 kNm.

Bild 6.20 zeigt die isometrische Darstellung der horizontalen Verformungen gemäß FE-Berechnung der Wand K2 für eine Winkelverdrehung von $0,75^\circ$, das entspricht einer Ausmitte e von 64,9 mm.

Bild 6.21 zeigt für diesen Lastfall die Darstellung der Hauptspannungen. Im unteren Wandbereich, wo die Mauerwerkswand an die Betonplatte angeschlossen ist, erreichen die Hauptdruckspannungen einen Wert von $-9,30 \text{ MN/m}^2$.

6.5 Zusammenfassung

Die Versuche an den Wandscheiben ZW1 und ZW2 zeigen das Verformungsvermögen von Mauerwerk unter einer Last in Richtung der Wandebene (Scheibenbeanspruchung) und unter Berücksichtigung verschieden großer vertikaler Auflasten.

Der Versuch an der Wandscheibe K2 zeigt das Verformungsverhalten von Mauerwerk unter einer Last quer zur Wandebene (Biegebeanspruchung) bei gleichzeitig großer, konstanter vertikaler Auflast.

Die drei Mauerwerksversuche ZW1, ZW2 und K2 zeigen recht gut das Verformungsverhalten und – als Grenzwert - auch das Verformungsvermögen von Mauerwerk bei Biege- und Scheibenbeanspruchungen.

Diese Beanspruchungsarten treten kombiniert auch beim Lastabtrag des Bahrmühlenviaduktes auf. Im Scheitelpunkt des Gewölbes und im Viertelpunkt des Gewölbebereichs wird das Mauerwerk des Viaduktes besonders auf Biegung beansprucht. Die Gewölbeaufmauerungen in diesen Bereichen erfahren infolge Last aus dem Eisenbahnoberbau dagegen eine Scheibenbeanspruchung.

Die FE-Nachrechnung der Versuche wurde mit Kennlinien der verschiedenen Mauerwerksarten durchgeführt und sollte zeigen, dass die verschiedenen Beanspruchungen des Mauerwerks aus Biege- und Scheibenbeanspruchung im Viadukt durch das Materialgesetz in der FE-Berechnung ausreichend gut wiedergegeben werden können. Dieser Nachweis konnte geführt werden:

Die FE-Nachrechnung der drei Versuche ZW1, ZW2 und K2 (Bild 6.3 und Bild 6.12) mit den eigenen, aus den Materialkennwerten des Bahrmühlenviadukts abgeleiteten Mate-

rialgesetzen (Bild 6.22) zeigte eine gute bis sehr gute Übereinstimmung der FE-Ergebnisse mit den Versuchsergebnissen (Bild 6.7, Bild 6.11 und Bild 6.17).

Bild 6.22 zeigt im Ergebnis der FE-Nachrechnung der Versuche die Arbeitslinie aller fünf Mauerwerksarten des Bahrmühlenviadukts, wie sie in der FE-Berechnung mit dem Programm ANSYS® Version 7.1 (in den drei nächsten Kapiteln beschrieben) verwendet werden soll. Im Einzelnen handelt es sich um die Arbeitslinien des Pfeilermauerwerks, des Gewölbemauerwerks, des Mittelwandmauerwerks, des Außenwandmauerwerks und der Verfüllung.

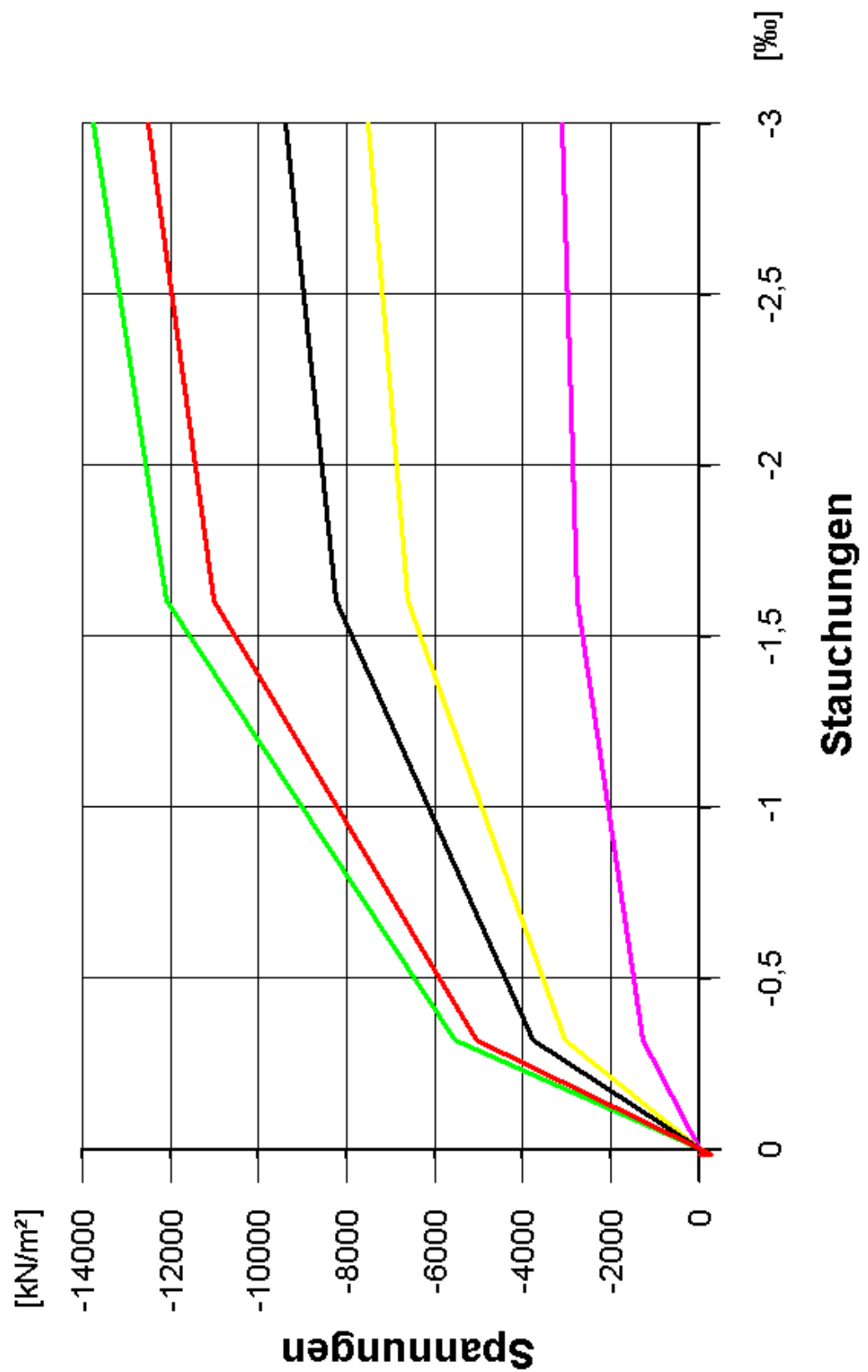


Bild 6.22: Arbeitslinien für das Mauerwerk im FE-Modell, Gewölbe-, Pfeiler-, Mittelwand-, Außenwandmauerwerk und Verfüllung.

7. FE-Modell einer gemauerten Eisenbahnbrücke am Beispiel des Bahrmühlenviaduktes

7.1 Gesamtmodell

Der 235,0 m lange Bahrmühlenviadukt besteht aus 15 Gewölben, die auf 14 Pfeilern lagern. Im FE-Modell "bahrebackviadukt-05-05" auf Basis des FE-Programms ANSYS® Version 7.1 wurden alle relevanten geometrischen und materialtechnischen Eigenschaften des Viadukts erfasst und diskretisiert. Dies umfasst die unterschiedlichen Feldweiten des Viadukts, die unterschiedlichen Stützhöhen und Stützendicken und die Öffnungen in den Außenwänden. Die zwei Halbbogen mit den Widerlagern in den Achsen 0 und 150 wurden durch Festhaltungen am jeweiligen Ende des Modells berücksichtigt. Auch die seitlichen äußeren Aufmauerungen auf dem Gewölbe wurden in Ihrer Breite und Höhe im Modell berücksichtigt, ebenso die inneren Aufmauerungen auf dem Gewölbe und die Spandrillwände.

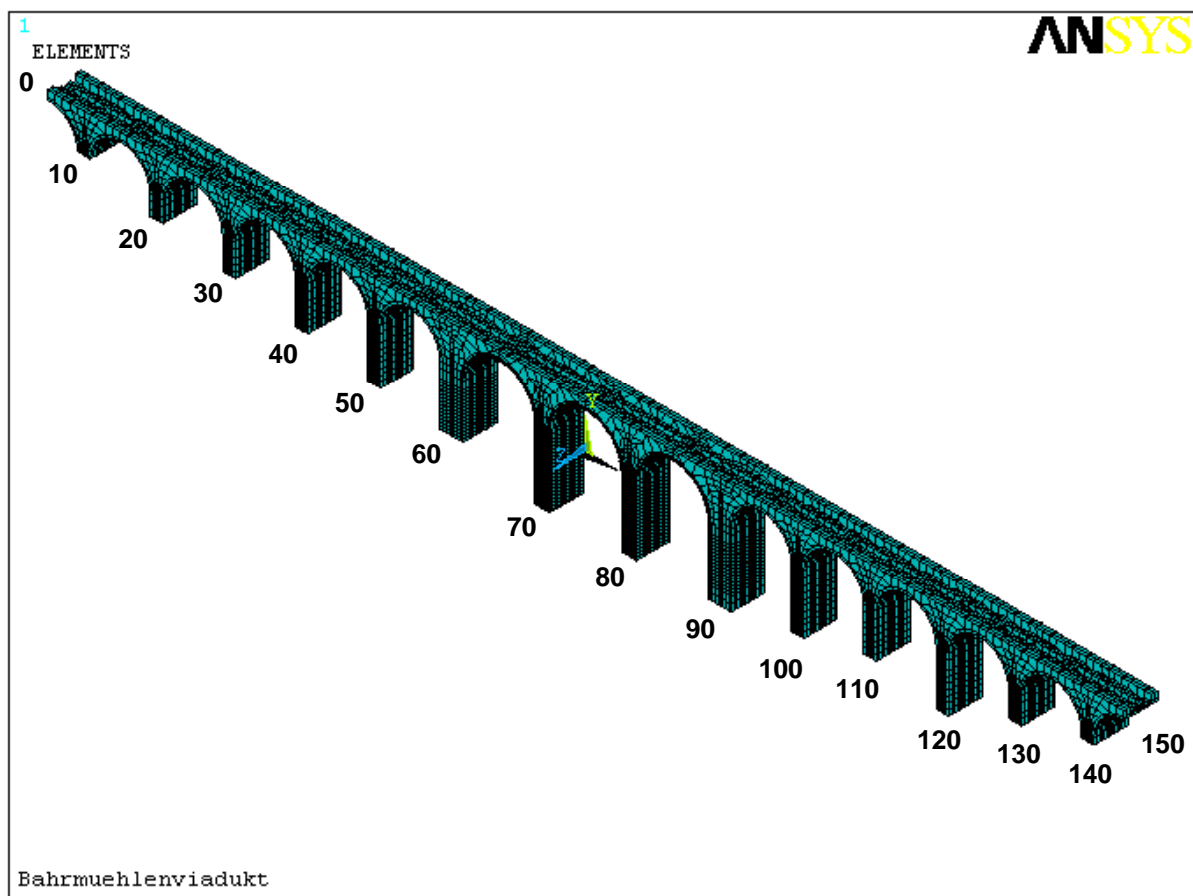


Bild 7.1: Elementplot des FE-Modells "bahrebackviadukt-05-05" als Isometrie.

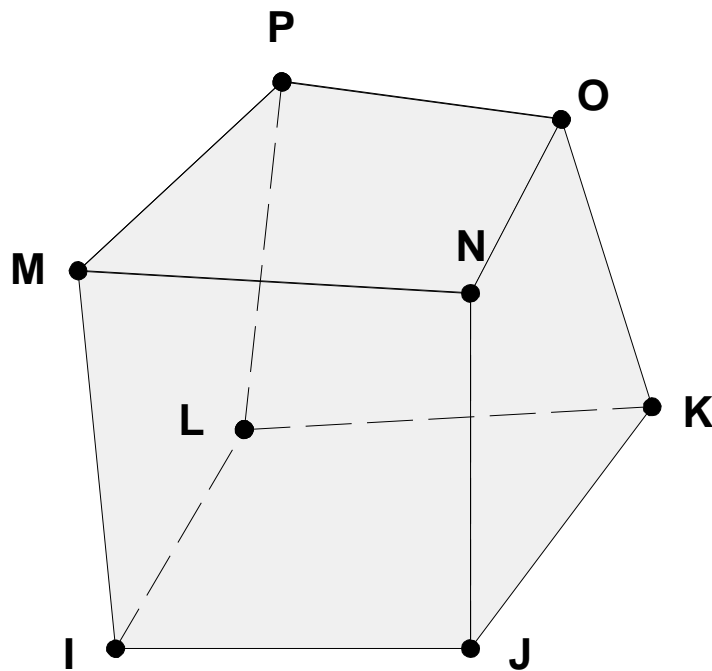


Bild 7.2: Volumenelement mit acht Knoten.

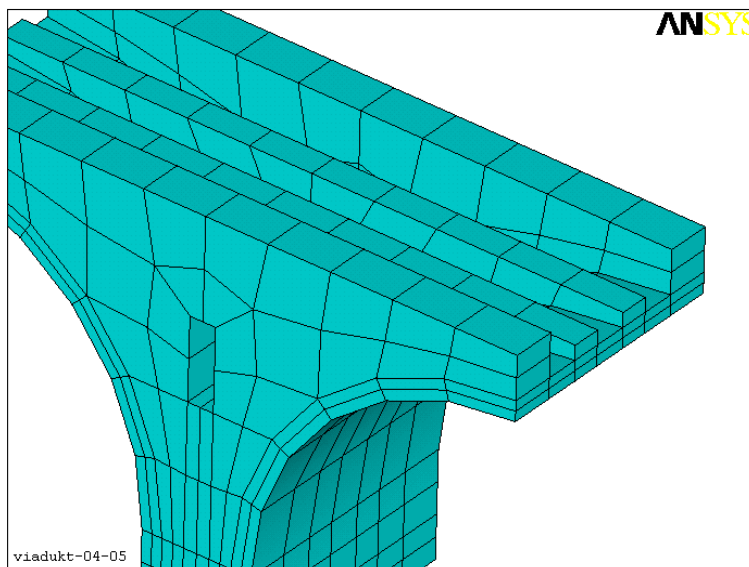


Bild 7.3: Elementplot im Bereich Pfeiler 70.

Für die Diskretisierung des Bahrmühlenviaduktes mit seiner wahren Länge (im Unterschied zur verkürzten Länge, siehe Kapitel 7.2) wurde eine Makromodellierung mit Volumenelementen gewählt, weil damit die baulichen Besonderheiten des Viadukts gut nachgebildet werden können. Bild 7.1 zeigt einen Elementplot des Viadukts als isometrische Darstellung. Ein Volumenelement umfasst acht Knoten.

Bild 7.2 zeigt dieses Volumenelement mit den acht Knoten I bis P als Skizze. Bild 7.3 zeigt einen Elementplot für den oberen Bereich des Pfeilers 70 mit den äußeren Aufmauerungen, den Spandrillwänden und der Pfeileröffnung oberhalb der Kämpfer. Die Öffnung befindet sich in jedem Pfeiler und dient als Zugang zu den innen liegenden Spandrillräumen bzw. als Wartungsöffnung.

Das FE-Modell des gesamten Viaduktes besteht aus 39.220 Elementen und 34.754 Knoten. Die Rechenzeiten für die Ermittlung der Schnittgrößen betrugen auf einem Pentium® 4 – PC (Hauptspeicher 1 GB, Taktfrequenz 2,4 GHz) wegen des komplexen Modells etwa eine Woche.

7.1.1 Modellberechnung, gekrümmtes – gerades Modell

Das Bahrmühlenviadukt ist mit einer Krümmung von 350 m [F17] gebaut worden. Das FE-Modell ist gerade modelliert worden.

Zusätzliche Horizontalkräfte aus der Krümmung auf das Bauwerk können mit der Zentripetalkraft berechnet werden.

$$F_{ZPH} = m \cdot v^2 / r \quad (7.1)$$

Für die Radsatzlasten des UIC 71 Lastbildes (4 x 250 kN) kann eine Zentripetalkraft bei einer Begrenzung der Geschwindigkeit der Eisenbahn über den Viadukt von 60 km/h zu

$$F_{ZPH} = (4 \cdot 250 \cdot 100) \cdot (60/3,6)^2 / 350 = 79.365 \text{ kgm/s}^2$$

berechnet werden.

Der Einfluss der Horizontalkraft in Querrichtung wird dem Einfluss der Vertikallast in Längsrichtung auf den Viadukt gegenübergestellt. In Querrichtung werden Querschnittswerte mit $b \times h = 1,5 \text{ m} \times 8,5 \text{ m}$ und in Längsrichtung mit $b \times h = 1,5 \text{ m} \times 8,5 \text{ m}$ berücksichtigt. Die Momentenberechnung für eine Feldlänge $l = 18,0 \text{ m}$ wird vereinfacht als Einzellast in Feldmitte und in den Viertelpunkten vorgenommen.

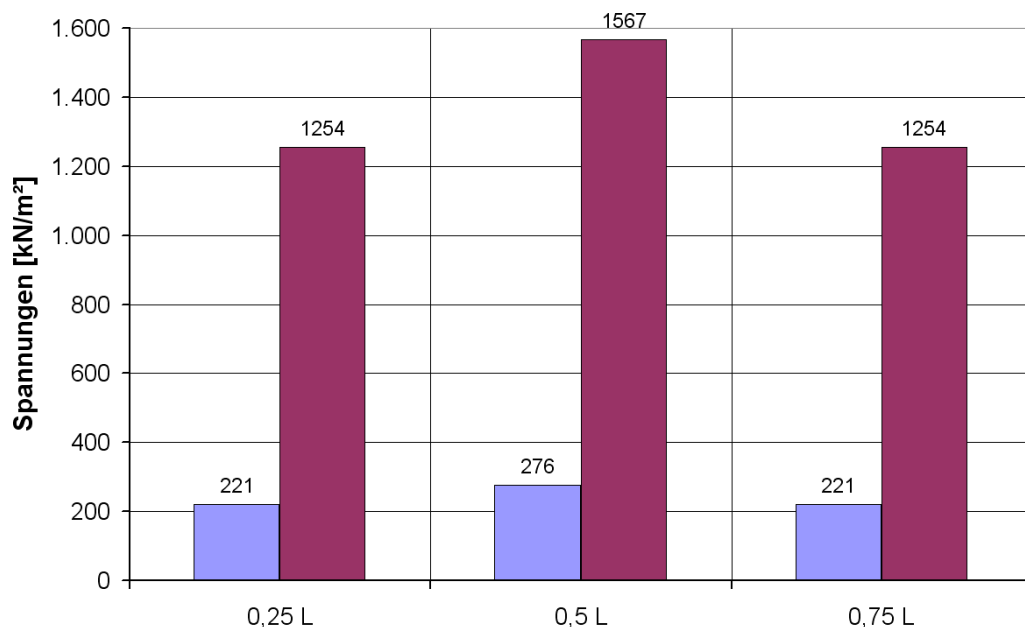


Bild 7.4: Gegenüberstellung der Spannungen in Quer- und Längsrichtung aus UIC 71 Radsatzlast.

Die Größe der Spannungen (gemäß Balkenstatik) unterscheiden sich um ca. 5 %. Eine Berechnung der Spannungen am 3D-Modell würde noch geringere zu berücksichtigende Spannungsanteile berechnen. Die weitere Modellbildung wird am "geraden Viadukt" durchgeführt.

7.1.2 Modellberechnung, Lastfall Eigengewicht

Entsprechend der realen Lagerung der Pfeiler des Viadukts im Erdreich sind im Modell an den Fußpunkten der Pfeiler 10 bis 140 starre Auflager angeordnet, d.h. die Pfeiler sind unverschieblich gelagert.

An den Enden des Viaduktes in Achse 0 und 150 sind vertikale und horizontale Festhaltungen im Bereich der Bogenscheitel angebracht.

Für den Lastfall Eigengewicht erfolgte die Berechnung im Gebrauchszustand. Der Viadukt wurde dabei durch sein Eigengewicht und das Zusatzeigengewicht aus dem Schotter und dem Eisenbahnoberbau belastet.

Die im Folgenden grafisch dargestellten Verschiebungen und Hauptspannungen sind das Ergebnis des sog. „post processing“ der eigentlichen FE-Berechnungen.

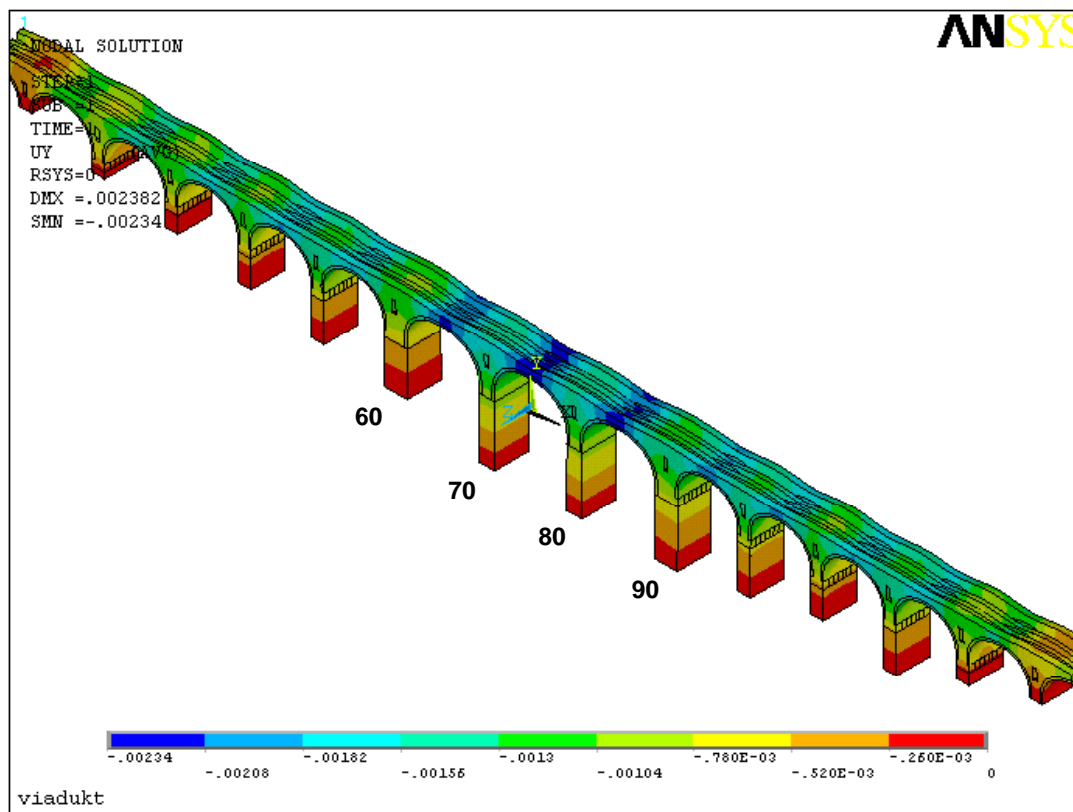


Bild 7.5: Isometrische Darstellung des untersuchten Systems mit Darstellung der Verformungen in vertikaler Richtung infolge Eigengewicht und Oberbau. Werte sind in [m] angegeben.

Bild 7.5 zeigt die Verformungen in vertikaler Richtung infolge Eigengewicht und Oberbau. Die Verformungen und Hauptspannungen wurden exemplarisch für das Feld zwischen den Pfeilern 70 und 80 ermittelt und grafisch aufbereitet (vergl. dazu Bild 7.5 und Bild 7.6).

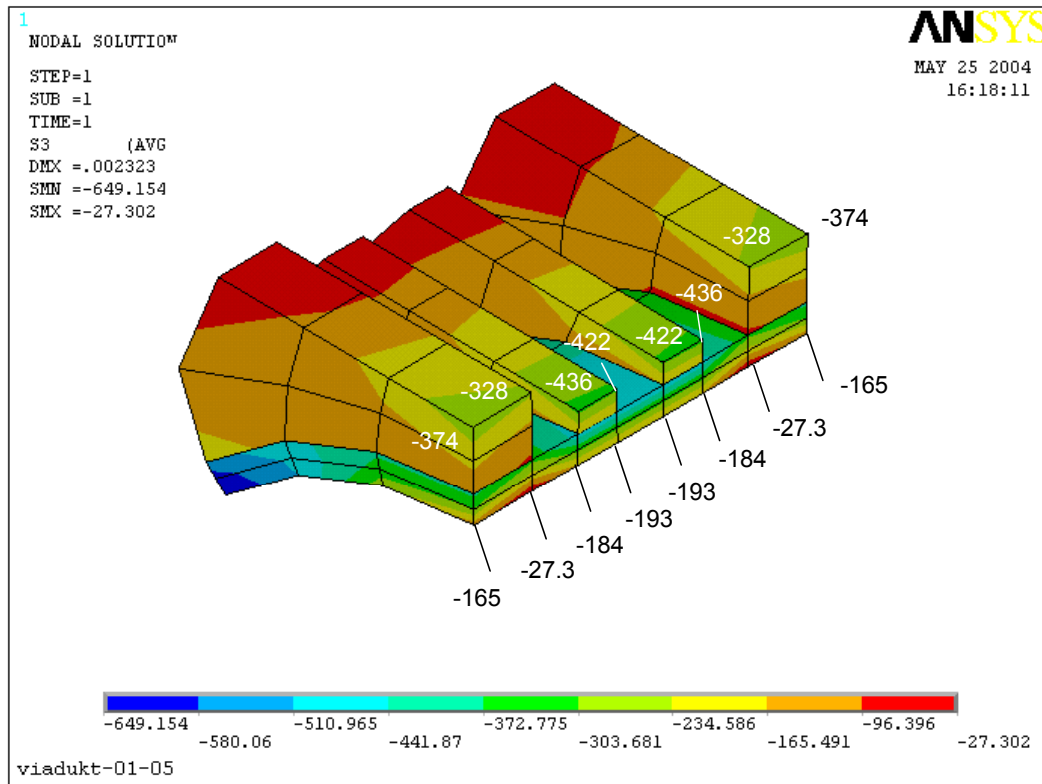


Bild 7.6: Isometrische Darstellung der Hauptspannungen $[\text{kN/m}^2]$ infolge Eigengewicht im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80.

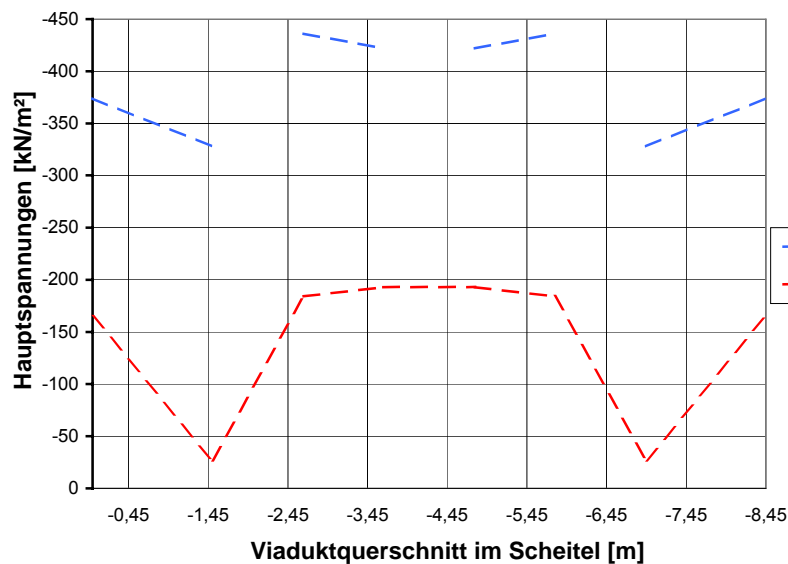


Bild 7.7: Werte der Hauptspannungen infolge Eigengewicht im Scheitelbereich im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80.

Das Feld zwischen den Pfeilern 70 und 80 (zwischen den Pfeilern 70 und 90 wird das spätere Abfange- bzw. Untertunnelungsbauwerk eingefügt) wurde ausgewählt, um Vergleiche der Scheitelspannungen mit verschiedenen FE-Berechnungen des Viadukts durchzuführen.

ren. In diesem Feld, wie auch in den anderen Feldern, treten infolge Eigengewicht keine Zugspannungen im Bogenscheitel auf.

Die größten Hauptdruckspannungen in den Aufmauerungen $\sigma_{\max} = -0,436 \text{ MN/m}^2$ (-436 kN/m^2 in Bild 7.7) sind deutlich kleiner als die zulässigen Werte gemäß Gutachten [G10/11/12] $\sigma_{\text{zul}} = -3,32 \text{ MN/m}^2$.

Bild 7.6 und Bild 7.7 zeigt die Hauptspannungen im Bogenscheitel in den Aufmauerungen und im Gewölbe als isometrische und grafische Darstellung.

Die gestrichelte blaue Linie in Bild 7.7 stellt die Hauptspannungen am oberen Rand der vier Aufmauerungen des Viaduktquerschnitts dar. Die Aufmauerungen sind am oberen Rand nicht miteinander verbunden, daher sind die vier blau gestrichelten Hauptspannungslinien zwischen den Aufmauerungen unterbrochen.

7.1.3 Modellberechnung, Lastfall Stützensenkung

Durch die Erstellung der Bohrpfähle für die Unterfangungskonstruktion kann es im Bereich der Pfeiler in den Achsen 70 bis 90 zu zusätzlichen Setzungen aus dem Bauablauf kommen. Um einen gefahrlosen Betrieb der Eisenbahn auf dem Viadukt zu gewährleisten

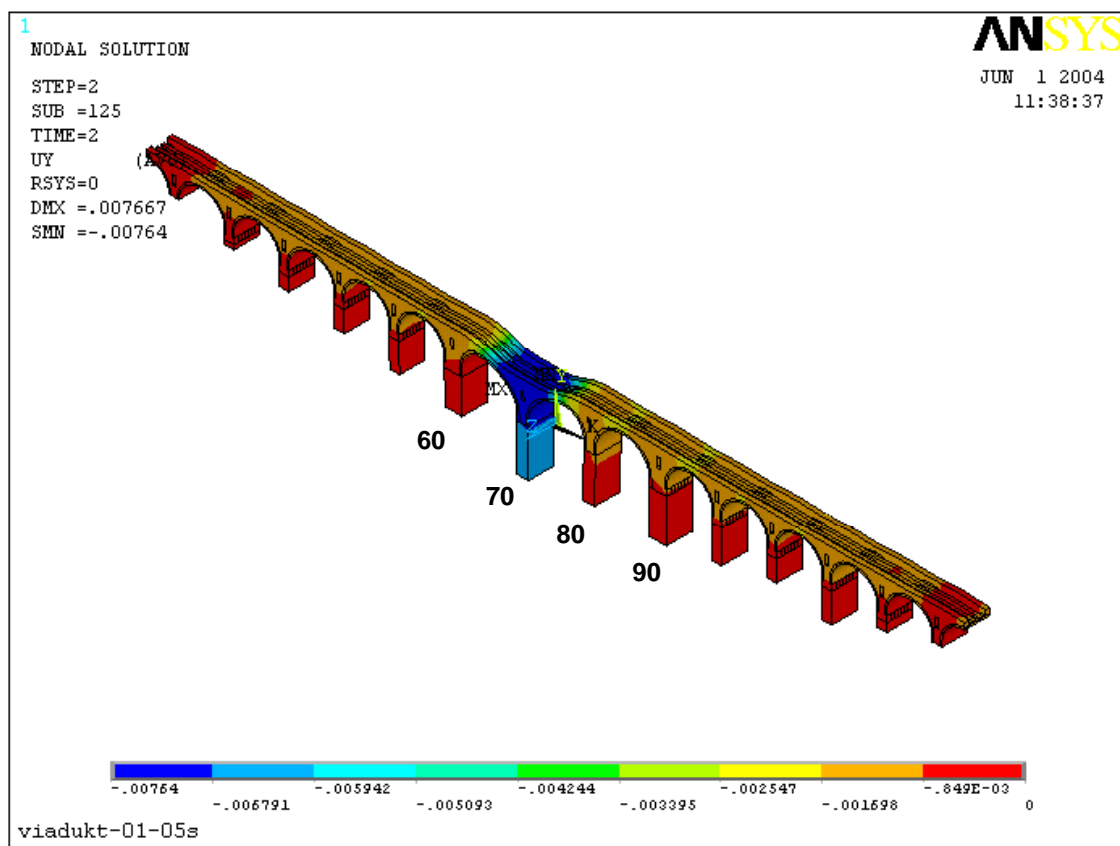


Bild 7.8: Isometrische Darstellung des untersuchten System mit Darstellung der Verformungen in vertikaler Richtung infolge Eigengewicht und Setzung im Pfeiler 70.

mussten die maximal zulässigen Setzungen der einzelnen Pfeiler ermittelt werden. Für diesen Lastfall "Unterfangung des Viaduktes" wurden "Setzungen eines Pfeilers", "Setzungen zweier Pfeiler" und "Setzungen aller drei Pfeiler" in den Achsen 70, 80 und 90 untersucht.

Für Pfeilersetzungen in den Achsen 70 bis 90 wurden FE-Berechnungen für 3,0 mm, 6,0 mm und 10,0 mm Setzung durchgeführt. Bei größeren Setzungen als 10,0 mm fand das FE-Programm kein Gleichgewicht mehr. 10,0 mm werden daher als maximale rechnerisch mögliche Setzungsverformung angenommen.

In Bild 7.8 bis Bild 7.10 sind exemplarisch die Verformungen und die Hauptspannungen infolge Eigengewicht und "Setzung des Pfeilers in Achse 70" dargestellt, der in dieser FE-Berechnung um 6,0 mm abgesenkt wurde. Bild 7.9 und Bild 7.10 zeigt die Hauptspannungen im Scheitelbereich des Feldes zwischen Pfeiler 70 und 80. In beiden Bildern ist zu erkennen, dass im Querschnitt keine Zugspannungen auftreten; der Querschnitt ist noch völlig überdrückt.

Die größten Hauptdruckspannungen $\sigma_{\max} = -0,837 \text{ MN/m}^2$ erreichen die maximal zulässigen Werte gemäß Gutachten [G10/11/12], $\sigma_{\text{zul}} = -3,32 \text{ MN/m}^2$ nicht.

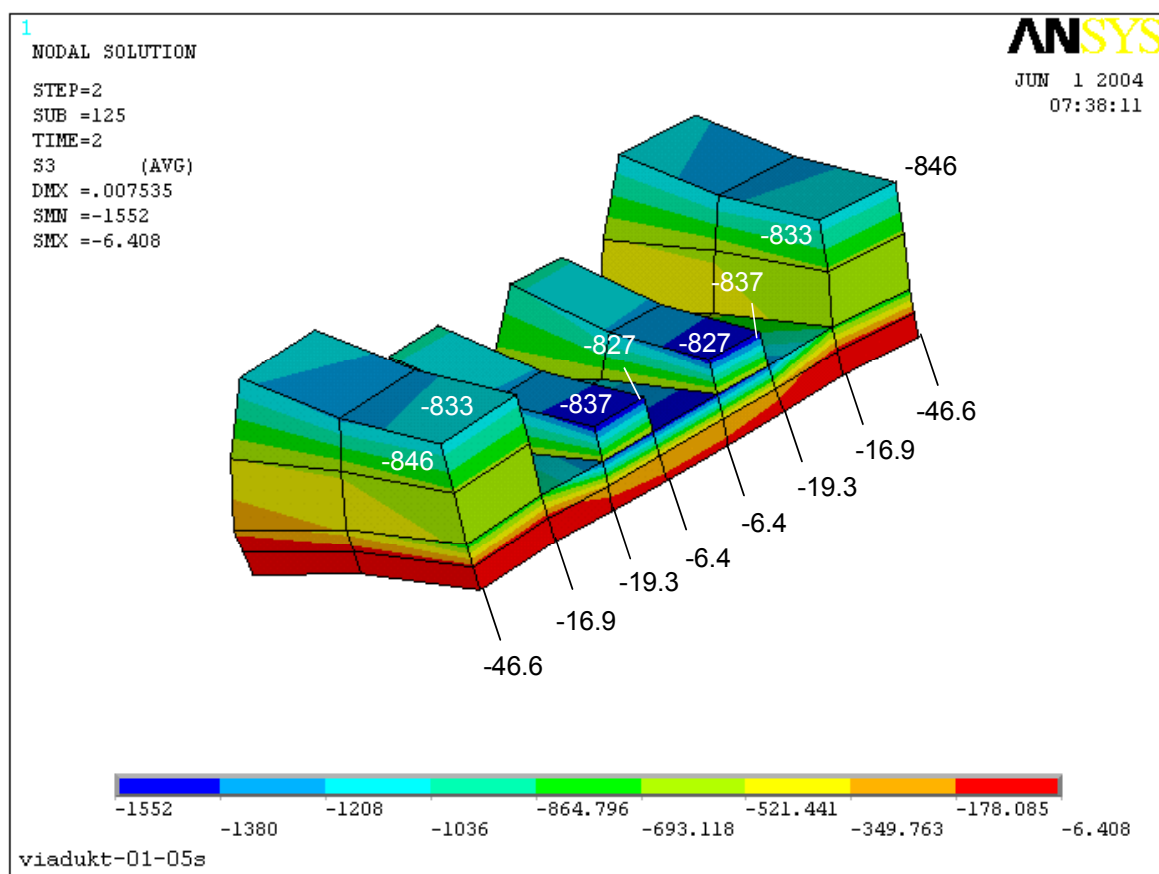


Bild 7.9: Isometrische Darstellung der Hauptspannungen [kN/m^2] infolge Eigengewicht und Setzung im Pfeiler 70 im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80.

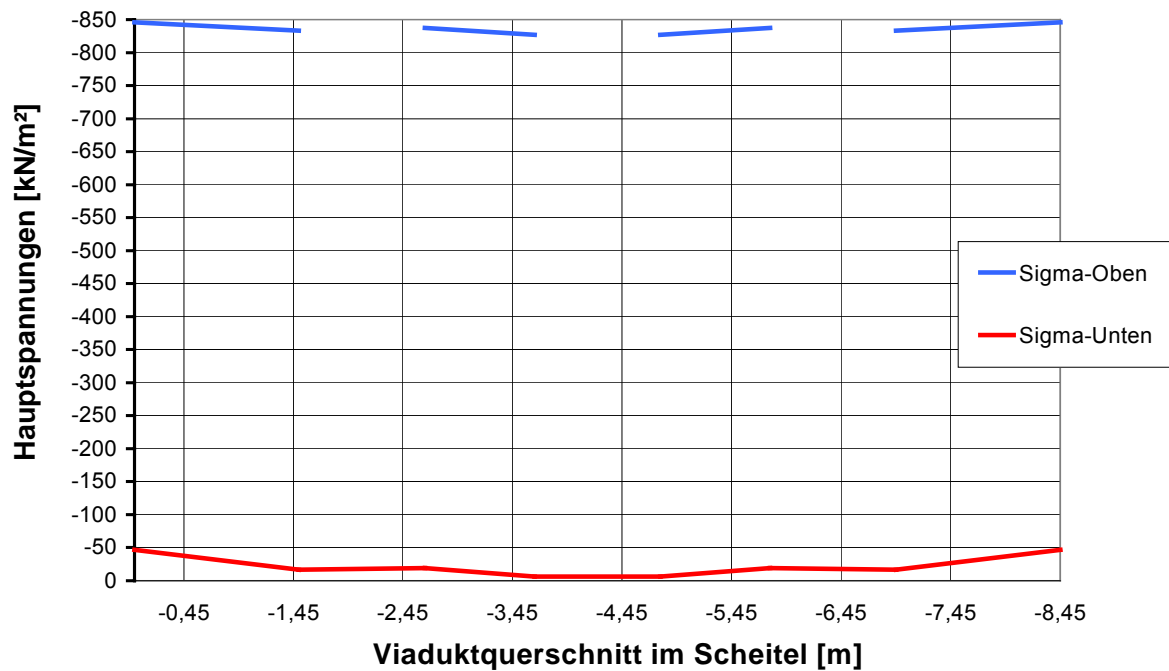


Bild 7.10: Werte der Hauptspannungen infolge Eigengewicht und Setzung im Pfeiler 70 im Scheitelbereich im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80.

7.2 Modell, Pfeiler 60 bis Pfeiler 100

Aufgrund der extrem langen Rechenzeiten für das FE-Modell "bahrebachviadukt-05-05" wurde für den Viadukt ein zweites, deutlich kleineres FE – Modell erzeugt. Dieses FE-Modell des Viaduktes erfasst nur den mittleren Teil des Brückenbauwerks, der sich von der Mitte des Feldes zwischen Pfeiler 50 und 60 bis zur Mitte des Feldes zwischen Pfeiler 100 und 110 erstreckt (siehe Bild 7.11). Nicht berücksichtigt wurde bei dieser Diskretisierung die Grundrisskrümmung des Bauwerks. Das FE-Modell umfasst bei diesem "kleinen" Modell 15.826 Elemente. An allen Pfeilerfüßen wurden starre Auflagerungen angenommen. Die Randbedingungen an den Scheiteln der Rand-Halbgewölbe sahen eine freie Verschiebbarkeit in vertikaler Richtung vor, horizontal wurden sie starr gehalten. Die Elementierung des Gewölbes orientiert sich auch hier an der wirklichen Ausbildung des Mauerwerks im

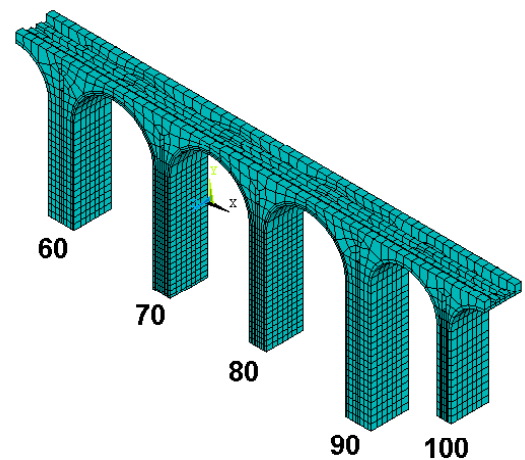


Bild 7.11: Elementteilung des FE-Modells Bahrmühlenviadukt.

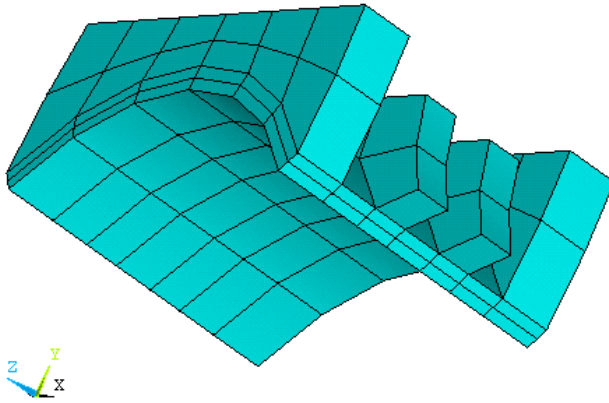


Bild 7.12: Elementierung im Bogenscheitel.

Bauwerk, das heißt: Ausrichtung und Anordnung der Gewölbe-Steinreihen wurden im FE-Modell nachgebildet. Gleiches gilt für die Längswände auf dem Gewölbe. Bild 7.12 zeigt die Elementierung des FE-Modells im Bereich des Bogenscheitels im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80.

7.2.1 Modellberechnung, Lastfall Eigengewicht

Die Berechnung erfolgte für die Belastung aus Eigengewicht und Zusatzeigengewicht aus dem Eisenbahnoberbau. Für den Lastfall "Unterfangung des Viaduktes" wurden "Setzung eines Pfeilers", "Setzung zweier Pfeiler" und "Setzung aller drei Pfeiler" in den Achsen 70, 80 und 90 untersucht. Die Pfeilersetzung in den Achsen 70 bis 90 wurde für 3,0 mm,

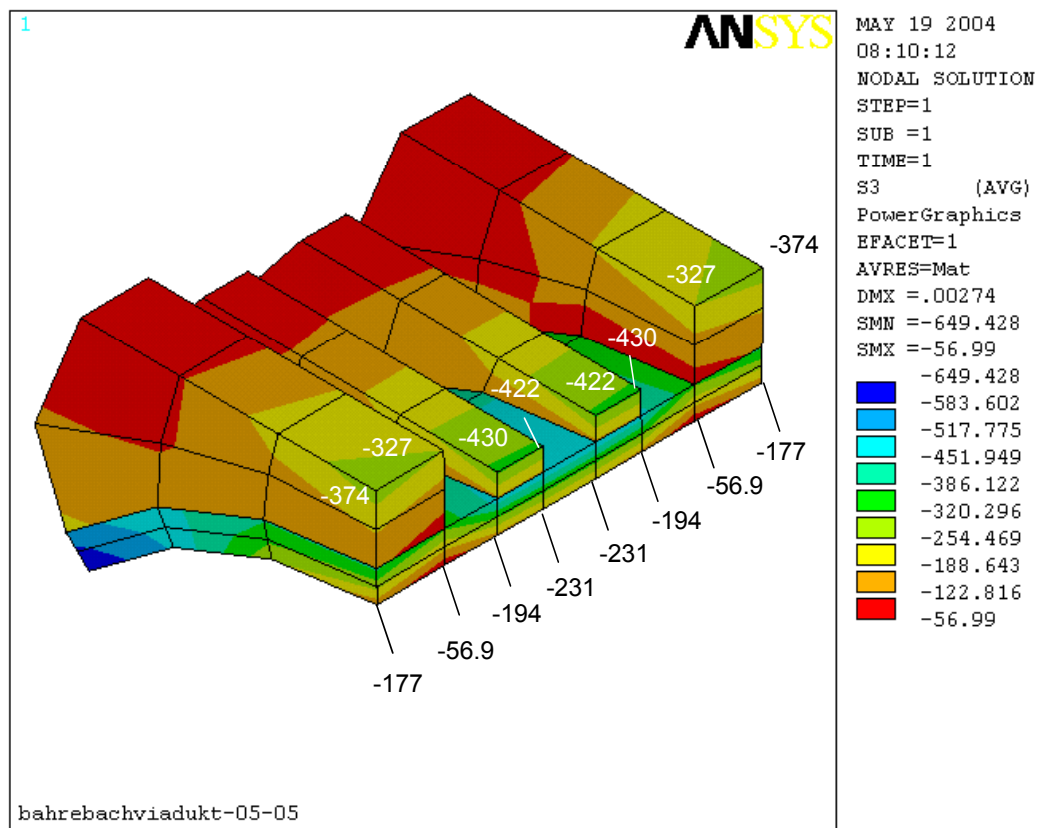


Bild 7.13: Isometrische Darstellung der Hauptspannungen [kN/m²] infolge Eigengewicht im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80.

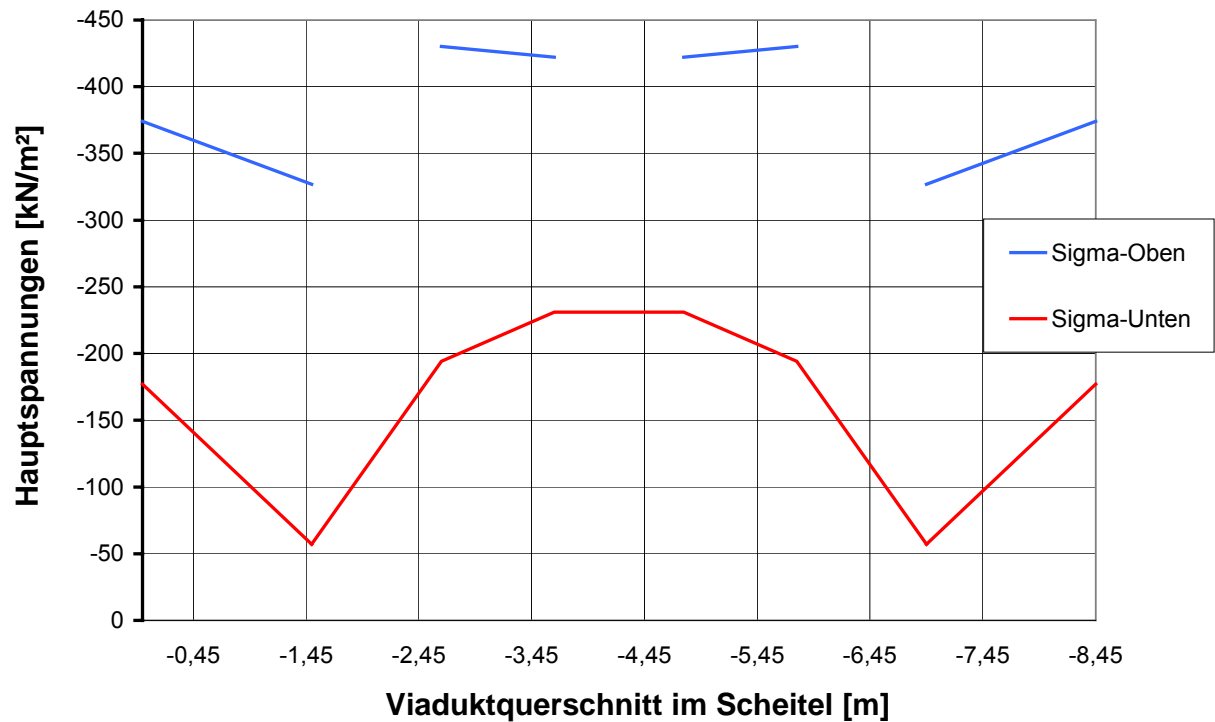


Bild 7.14: Werte der Hauptspannungen infolge Eigengewicht im Scheitelbereich im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80.

6,0 mm und 10,0 mm berechnet. Die Berechnung für die verschiedenen Lastfälle erfolgte im Gebrauchszustand.

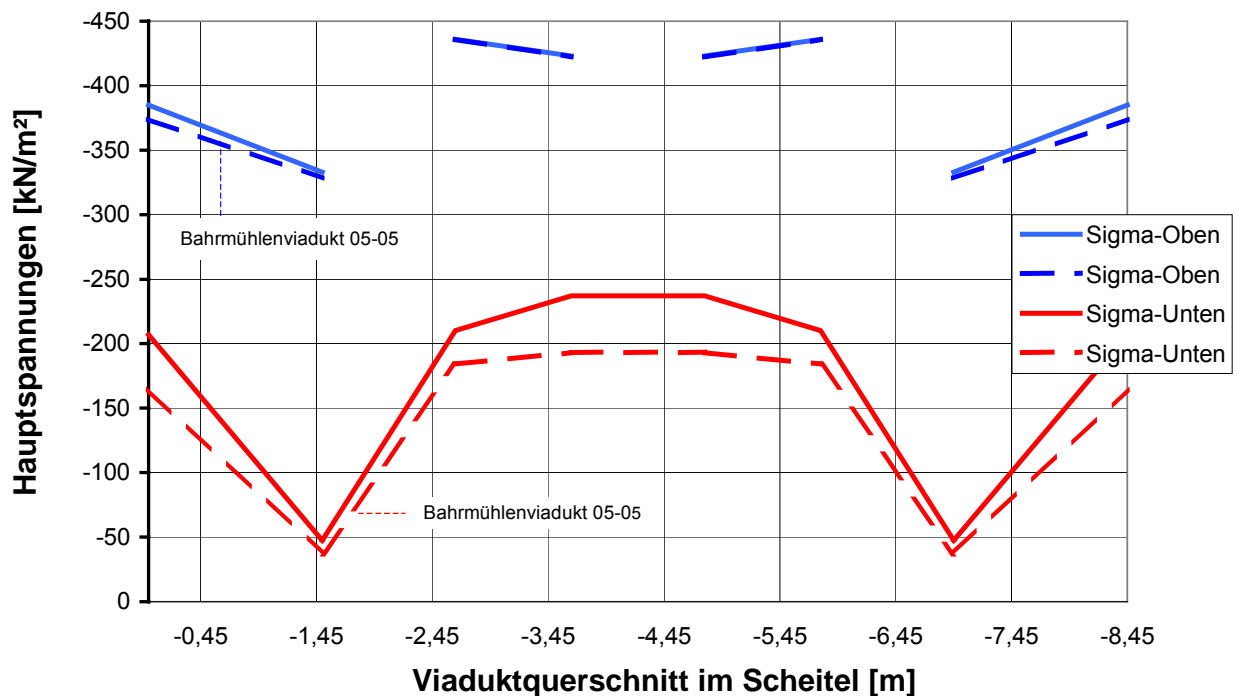


Bild 7.15: Vergleich der Werte der Hauptspannungen in den Aufmauerungen und im Gewölbe im Scheitelbereich infolge Eigengewicht im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80 für das "große" und das "verkürzte" FE-Modell.

Bild 7.13 und Bild 7.14 zeigt die Hauptspannungen im Bogenscheitel als isometrische und graphische Darstellung. Im Bogenscheitel treten keine Hauptzugspannungen infolge Belastung durch Eigengewicht auf. Die Hauptdruckspannungen $\sigma_{\max} = -0,430 \text{ MN/m}^2$ sind deutlich kleiner als der zulässige Grenzwert.

Der Vergleich der Hauptspannungswerte infolge Eigengewicht (Bild 7.15) zeigt für den Schnitt im oberen Scheitelbereich im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80 nur geringe Abweichungen ($-333/ -328 \text{ kN/m}^2$ entspricht 1,5 %) und für den Schnitt im Gewölbe (unterer Scheitelbereich) etwas größere Abweichungen ($-237/ -193 \text{ kN/m}^2$, entspricht 22,8 %, und $-47,5/ -37,3 \text{ kN/m}^2$, entspricht 27,3 %). Die etwas größeren Hauptspannungen am oberen Rand im Scheitelbereich zwischen Pfeiler 70 und 80 sind durch den größeren Zwang im kürzeren System, verglichen mit dem "langen" System, aufgrund der Festhaltungen in den Achsen 0 und 150 zu erklären. Im Gewölbebereich (unterer Rand) sind die Abweichungen der Hauptspannungen des kurzen Systems etwas größer, da sich am unteren Rand betragsmäßig kleine Hauptspannungen mit den Zwängungen der Systeme überlagern müssen. Im kurzen System stellen sich durch die horizontalen Festhaltungen bei Pfeiler 60 und 100 etwas größere Drucknormalspannungen ein, die Hauptspannungen im kurzen System ($-47,5 \text{ kN/m}^2$) sind daher betragsmäßig etwas größer als im langen System ($-37,3 \text{ kN/m}^2$).

7.2.2 Modellberechnung, Lastfall Pfeilersetzung

Für das FE-Modell, Pfeiler 60 bis Pfeiler 100, wurde der Lastfall Eigengewicht und Setzung des Pfeiler 70 um 6,0 mm berechnet, weil von der DB AG maximal 6,0 mm Setzung eines Pfeilers für den Umbau des Bahrmühlenviaduktes zugelassen wurde.

Bild 7.16 und Bild 7.17 zeigt die Hauptspannungen im Bogenscheitel infolge Eigengewicht und Setzung des Pfeiler 70 um 6,0 mm als isometrische und graphische Darstellung. Die Hauptspannungen am oberen Rand sind durch eine unterbrochene durchgehende blaue Linie dargestellt. Zu erkennen ist, dass im Bereich des Bogenscheitels in den Aufmauerungen und im Gewölbe keine Hauptzugspannungen auftreten. Die Aufmauerungen auf dem Gewölbe sind längs gegliedert und haben am oberen Rand keine Verbindung in Querrichtung. Die Darstellung ist abschnittsweise, daher ergibt sich für die Darstellung in Querrichtung im Bereich ohne Aufmauerung eine Unterbrechung der Hauptspannungslinie.

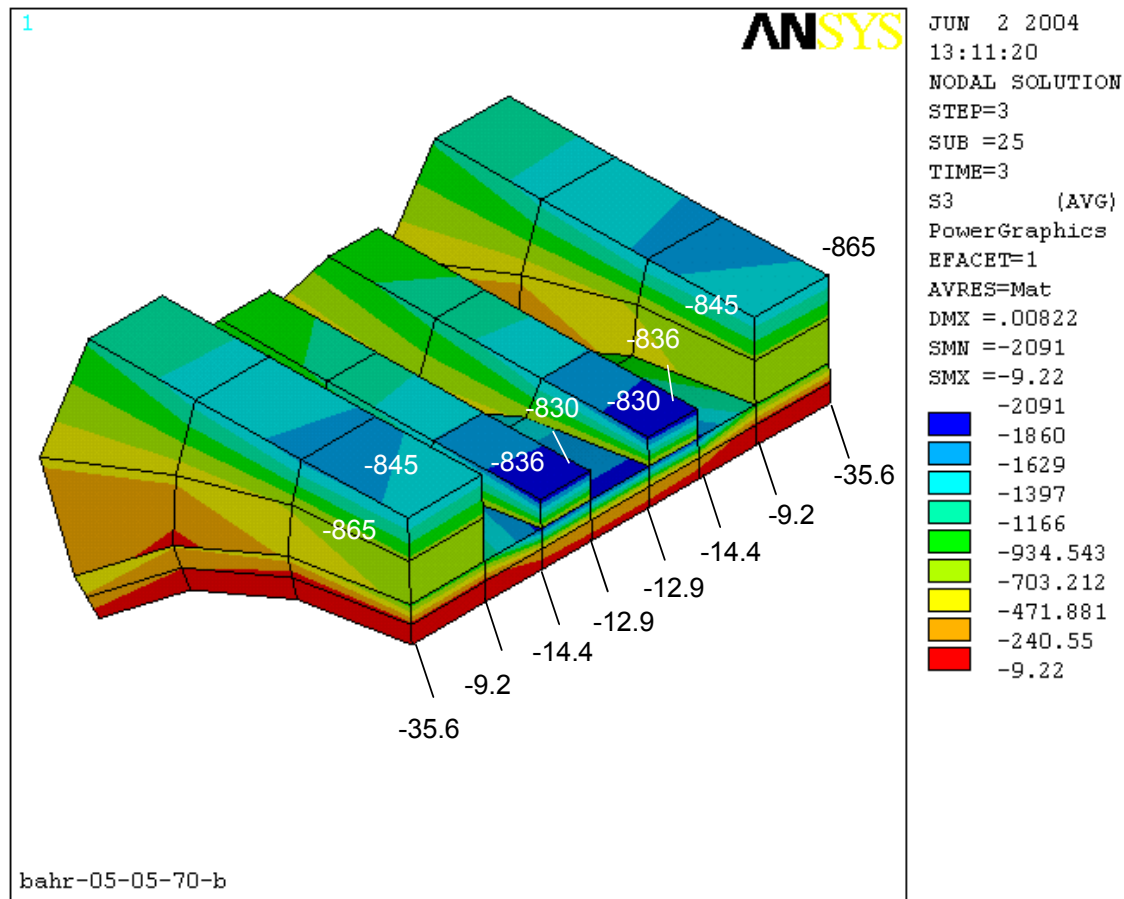


Bild 7.16: Isometrische Darstellung der Hauptspannungen infolge Eigengewicht und Setzung Pfeiler 70 im Scheitelbereich im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80.

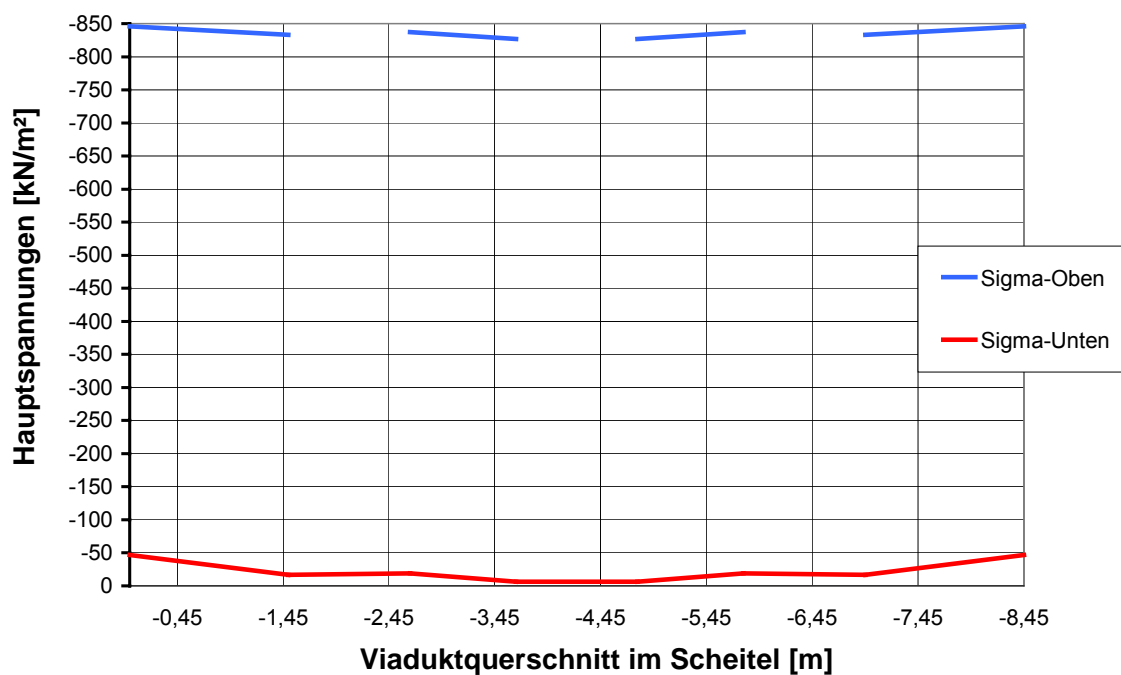


Bild 7.17: Werte der Hauptspannungen infolge Eigengewicht und Setzung Pfeiler 70 im Scheitelbereich im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80.

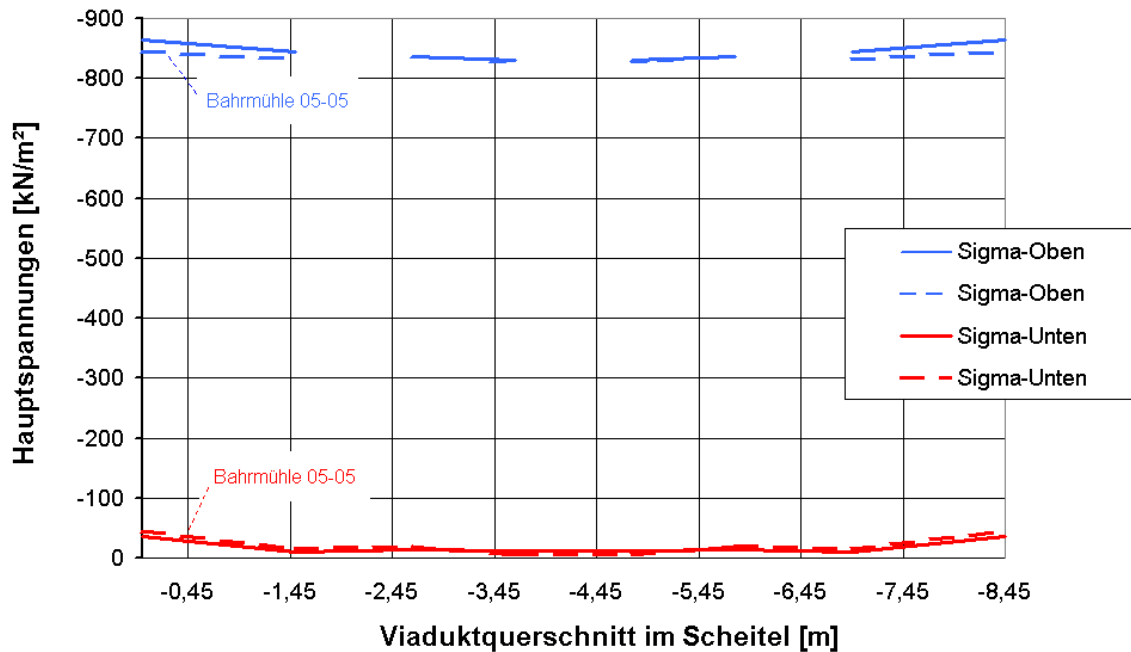


Bild 7.18: Vergleich der Werte der Hauptspannungen in den Aufmauerungen und im Gewölbe im Scheitelbereich infolge Eigengewicht und Setzung des Pfeiler 70 im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80 für das "große - - -" und das "verkürzte —" FE-Modell.

Bild 7.18 zeigt den Vergleich der Hauptspannungen für das Gesamt- und das verkürzte System infolge Eigengewicht und Setzung Pfeiler 70 um 6,0 mm.

Die Hauptdruckspannungen in der Aufmauerung sind im Vergleich zwischen dem Gesamt- und dem verkürzten System quasi gleich groß, die Abweichung ($-865 / -846 \text{ kN/m}^2$) beträgt nur 2,2 %. Die Hauptdruckspannungen sind deutlich kleiner als die max. zulässigen Grenzwerte für das historische Mauerwerk $\sigma_{\text{zul}} = -3.320 \text{ kN/m}^2 = -3,32 \text{ MN/m}^2$ [G10/11/12].

Das Gewölbe ist auch unter der Belastung überdrückt. Hauptzugspannungen treten im Gewölbescheitel unter der Last nicht auf. Die Hauptdruckspannungen im Gewölbe verlaufen im Vergleich zwischen Gesamt- und verkürztem System in gleicher Weise, die Unterschiede in der Größe der Hauptspannungen betragen hier 18 % ($-37 / -44 \text{ kN/m}^2$).

7.2.3 FE – Modell in der weiteren FE - Berechnung

Die Berechnung einer Last- und einer Zwangsbeanspruchung zeigte im Vergleich der Ergebnisse des komplexen (langen) und des vereinfachten (verkürzten) Systems keine grundlegenden Abweichungen; so traten sowohl im langen als auch im verkürzten System keine Hauptzugspannungen auf. Die weitere FE-Berechnung wurde daher, um ex-

trem lange Rechenzeiten zu vermeiden, mit dem verkürzten Modell, Pfeiler 60 bis Pfeiler 100, fortgesetzt.

7.2.4 Modellberechnung, Lastfall UIC 71 Lastbild

Im Lastfall Lastenzug UIC 71 muss bei zweigleisigen Eisenbahnbrücken wie dem Bahrmühlenviadukt eine Belastung sowohl nur eines als auch beider Gleise untersucht werden.

Bild 7.19 zeigt für beide Varianten als Skizze, wie die UIC 71-Lasten in die Gewölbeaufmauerungen eingeleitet werden. Die Lastverteilung auf die Gewölbeaufmauerungen wird von den Sandsteinplatten unter dem Schotterbett übernommen. In der Skizze sind die lastverteilenden Sandsteinplatten nicht dargestellt.

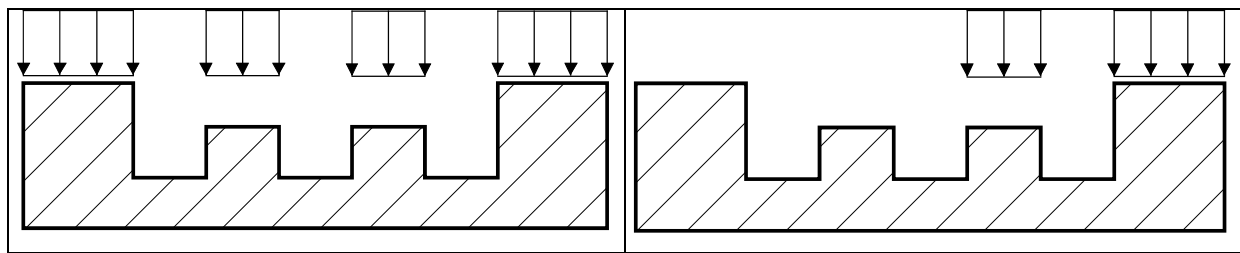


Bild 7.19: Skizze der Varianten für die UIC 71-Lasten in Querrichtung auf den Gewölbeaufmauerungen.

In der Viaduktlängsrichtung können die UIC 71-Lasten über den gesamten Viadukt oder auch feldweise angeordnet werden.

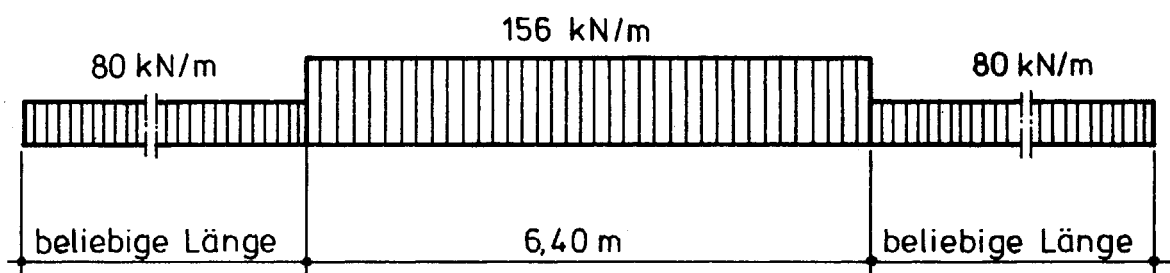


Bild 7.20: Lastbild UIC 71 für Tragwerke ab 10,0 m Stützweite mit durchgeführter Regelfahrbahn [D11].

Bild 7.20 (siehe Bild 8, DS 804, [D11]) zeigt für Stützweiten größer 10,0 m die Anordnung einer vergrößerten Streckenlast (156,0 kN/m über 6,40 m) im Bereich der Radsatzlasten. In Bild 7.21 ist exemplarisch eine Vollbelastung und eine feldweise Anordnung der UIC 71-Lasten für die Felder zwischen Pfeiler 70 und 80 dargestellt. Die verschiedenen Lastmodelle zwischen Pfeiler 70 und 80 ergeben sich durch die unterschiedliche Anordnung der Radsatzlasten im Gewölbfeld.

Die Auswertung der in Bild 7.21 dargestellten verschiedenen Belastungen aus dem UIC 71-Lastbild für das Feld zwischen Pfeiler 70 und 80 und der Vollbelastung ist in Bild 7.23 dargestellt.

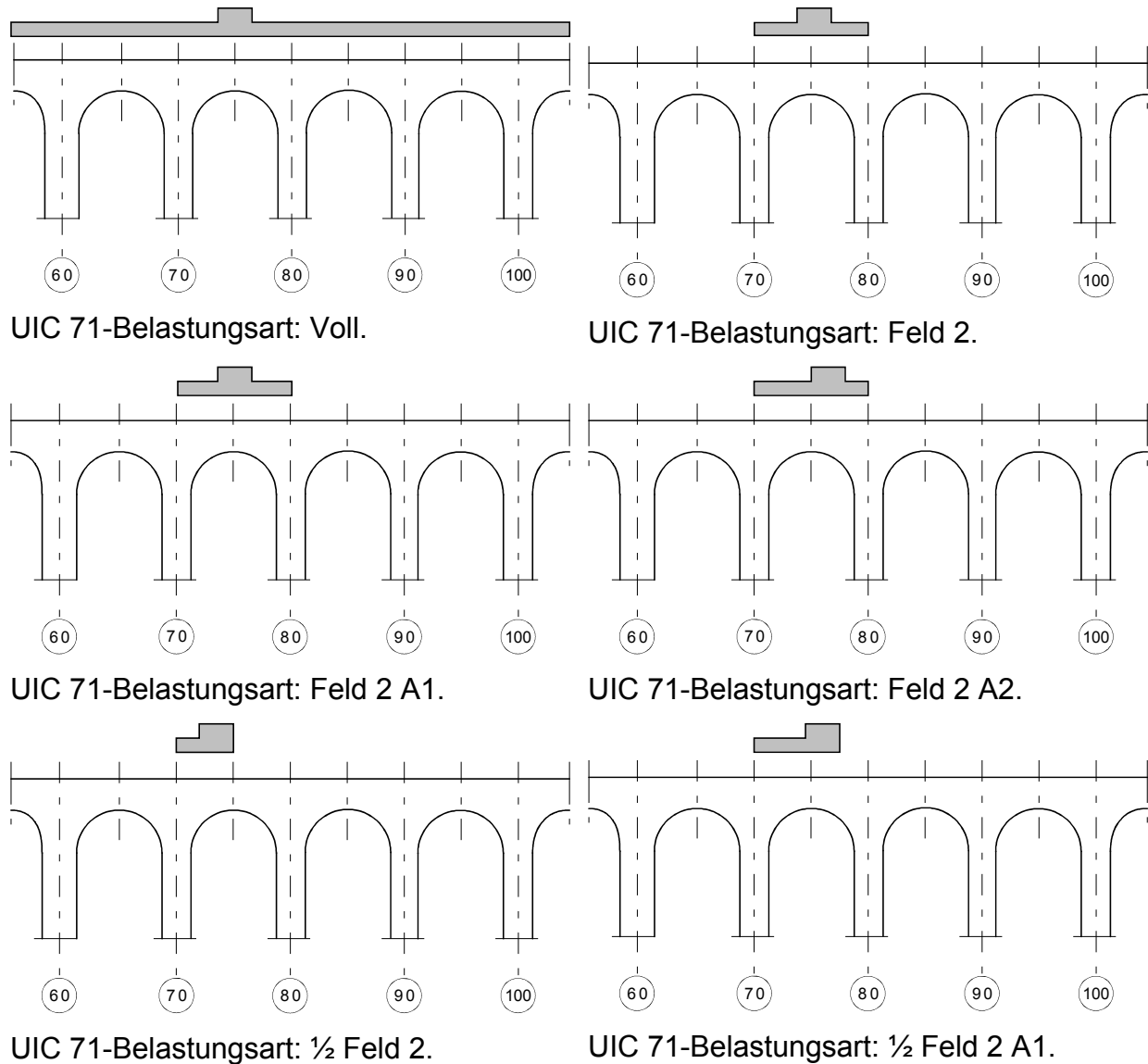


Bild 7.21: Skizze der Varianten für die UIC-Lasten in Längsrichtung auf den Gewölbeaufmauerungen.

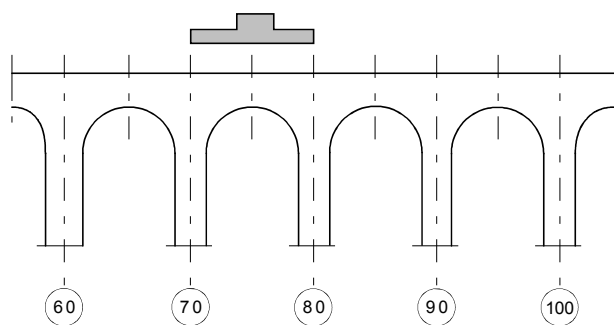


Bild 7.22: UIC-Last nur in Feld zwischen Pfeiler 70 und 80.

Die FE-Berechnung zeigt, dass infolge Eigengewicht und UIC 71-Last keine Zugspannungen im Gewölbescheitel und in den Aufmauerungen entstehen.

Die größte Beanspruchung entsteht bei derjenigen Lastfallkombination, bei der die UIC-Lasten nur in dem Feld zwischen

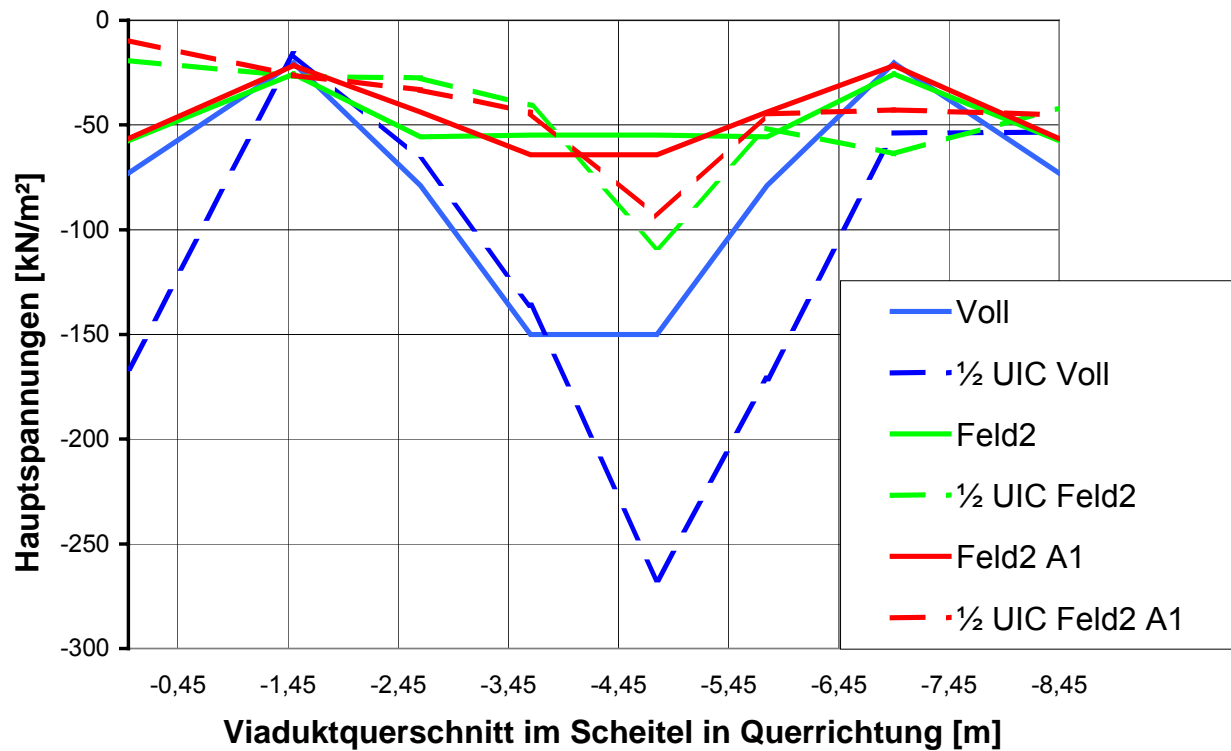


Bild 7.23: Grafische Auswertung der Hauptspannungen an der Unterkante des Gewölbes im Gewölbescheitel infolge Eigengewicht und verschiedener einseitiger ($\frac{1}{2}$ UIC) und beidseitiger UIC 71-Lasten gemäß Bild 7.21.

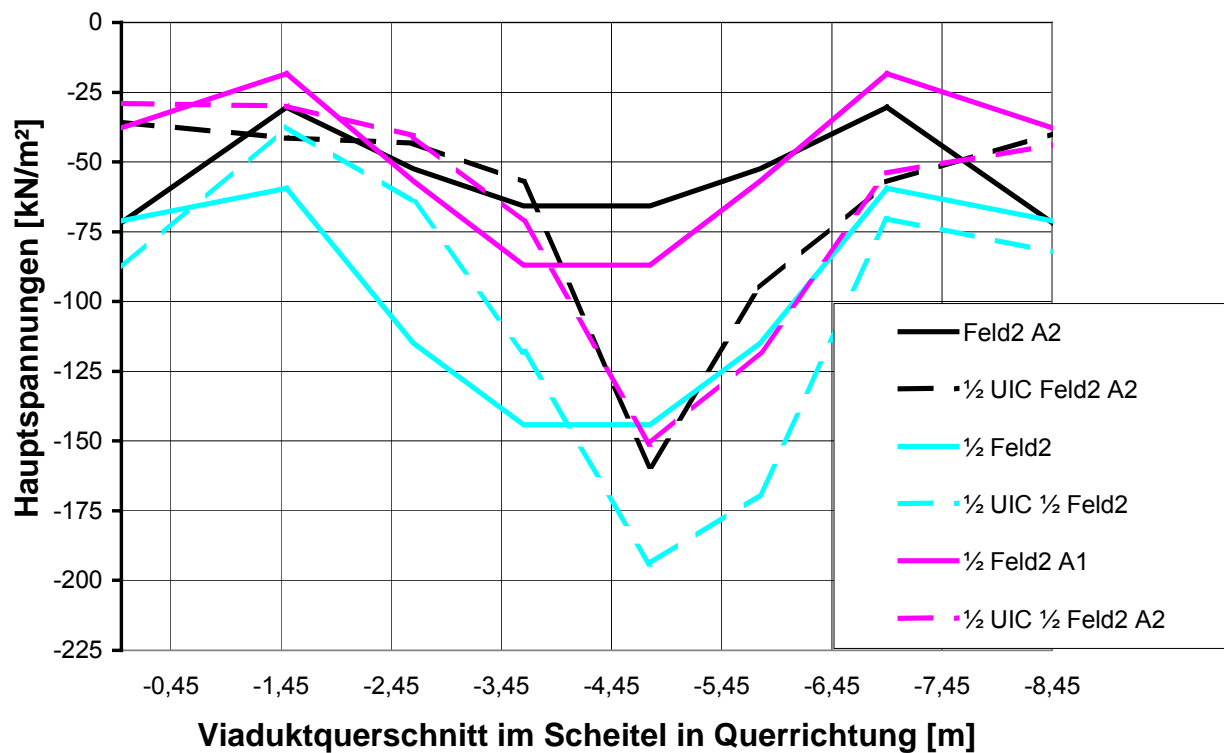


Bild 7.24: Grafische Auswertung der Hauptspannungen an der Unterkante des Gewölbes im Gewölbescheitel infolge Eigengewicht und verschiedener einseitiger ($\frac{1}{2}$ UIC) und beidseitiger UIC 71-Lasten gemäß Bild 7.21.

Pfeiler 70 und 80 angeordnet werden (vergl. Bild 7.22). Die erhöhte Flächenlast für die Radsatzlasten ist dabei ausmittig (um $x_a = 1,0$ m aus der Mittelachse) angeordnet (In Bild 7.21 UIC 71-Belastungsart: Feld 2 A1). Bild 7.23 und Bild 7.24 zeigt die Ergebnisse der FE-Berechnung für die verschiedenen UIC 71-Belastungen. Aufgetragen sind die Hauptspannungen infolge Eigengewicht und verschiedener UIC 71-Lasten (einseitige = $\frac{1}{2}$ UIC- und beidseitige Belastung) an der Unterkante des Gewölbes im Scheitelsbereich des Viaduktes.

Die einseitige und die beidseitige Belastung des Viadukts durch die UIC 71-Lasten erzeugen im Viadukt nur Druckspannungen, es treten keine Zugspannungen auf.

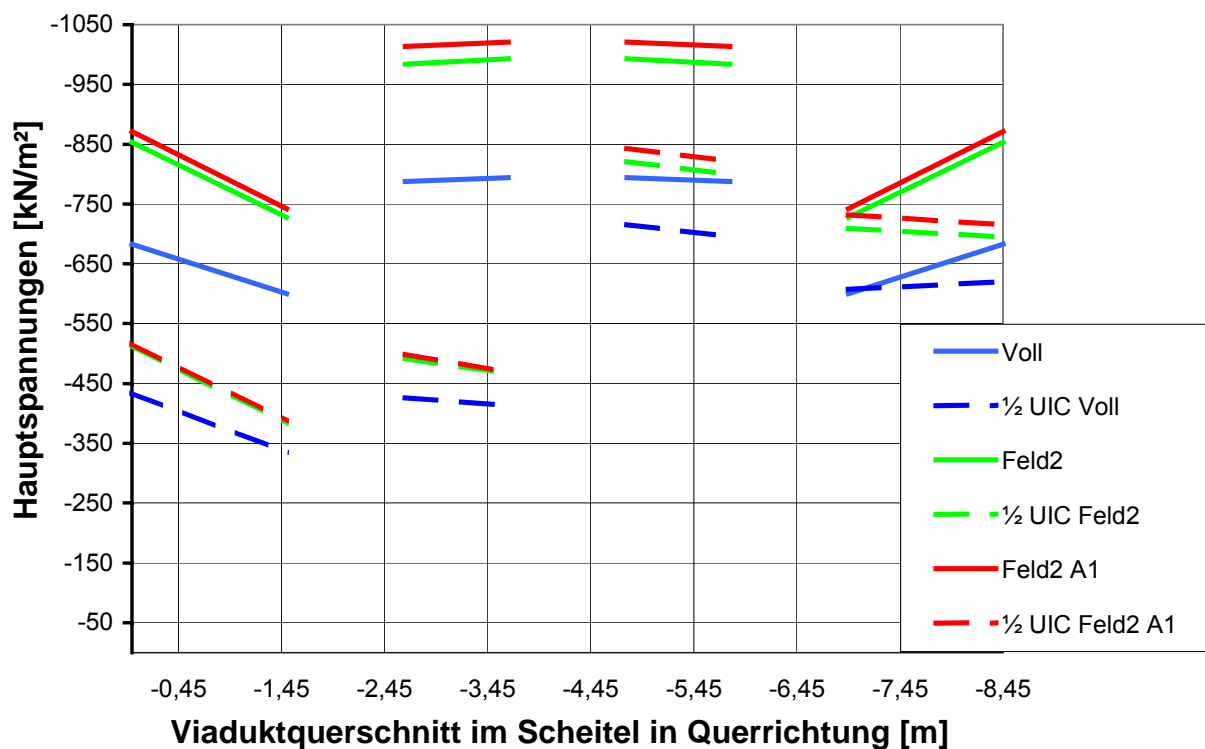


Bild 7.25: Grafische Auswertung der Hauptspannungen im Gewölbescheitel in den Aufmauerungen infolge Eigengewicht und verschiedener einseitiger ($\frac{1}{2}$ UIC) und beidseitiger UIC 71-Lasten gemäß Bild 7.21.

Bild 7.25 und Bild 7.26 zeigen die Hauptspannungen in den Aufmauerungen und den Spandrillwänden im Scheitelsbereich des Viaduktes infolge Eigengewicht und verschiedener UIC 71-Lastkombinationen.

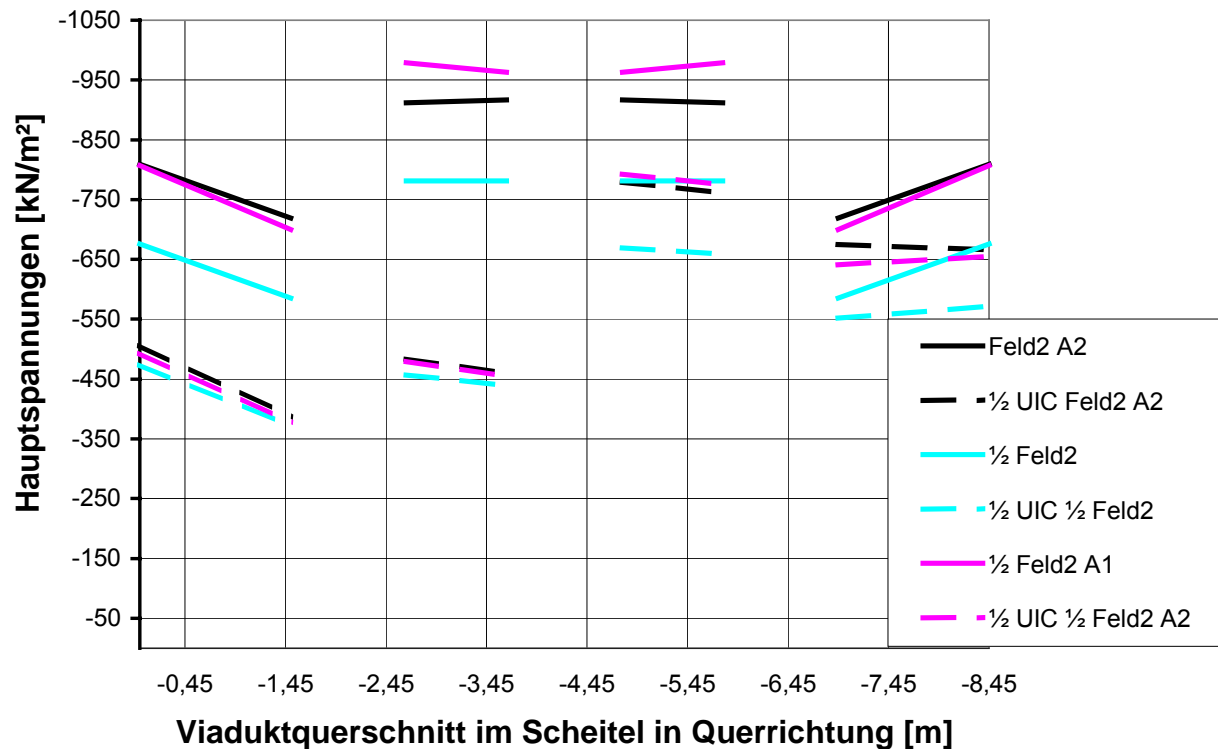


Bild 7.26: Grafische Auswertung der Hauptspannungen im Gewölbescheitel in den Aufmauerungen infolge Eigengewicht und verschiedener einseitiger ($\frac{1}{2}$ UIC) und beidseitiger UIC 71-Lasten gemäß Bild 7.21.

Tabelle 7.1: Größte Hauptspannungen [kN/m²] in den Aufmauerungen und im Gewölbequerschnitt im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80 infolge Eigengewicht und verschiedener UIC-Laststellungen.

		Feld 70 bis 80	
		min	max
Viadukt 12-05 B	UIC-Last über alles, beidseitig	-794	-20,4
Viadukt 14-05 B	UIC-Last über alles, einseitig	-716	-16,0
Viadukt 04-05 B	UIC-Last in Feld 2, beidseitig	-993	-25,6
Viadukt 05-05 B	UIC-Last in Feld 2, einseitig	-821	-19,1
Viadukt 06-05 B	UIC-Last in Feld 2, Ausmitte 1, beidseitig	-1021	-21,7
Viadukt 07-05 B	UIC-Last in Feld 2, Ausmitte 1, einseitig	-843	-9,6
Viadukt 08-05 B	UIC-Last in Feld 2, Ausmitte 2, beidseitig	-917	-30,4
Viadukt 09-05 B	UIC-Last in Feld 2, Ausmitte 2, einseitig	-779	-35,8
Viadukt 10-05 B	UIC-Last in $\frac{1}{2}$ Feld 2, beidseitig	-781	-59,5
Viadukt 15-05 B	UIC-Last in $\frac{1}{2}$ Feld 2, einseitig	-669	-37,3
Viadukt 16-05 B	UIC-Last in $\frac{1}{2}$ Feld 2, Ausmitte 1, beidseitig	-979	-18,3
Viadukt 17-05 B	UIC-Last in $\frac{1}{2}$ Feld 2, Ausmitte 1, einseitig	-793	-29,0

In Tabelle 7.1 sind zusätzlich zur besseren Übersicht die minimalen und maximalen Hauptspannungen im Scheitel zwischen Pfeiler 70 und 80 (Feld2 in Bild 7.21) aufgetragen.

Die einseitige ($\frac{1}{2}$ UIC) und die beidseitige Belastung des Viadukts durch die UIC 71-Lasten erzeugen im Viadukt nur Hauptdruckspannungen, keine Hauptzugspannungen. Die zulässigen Druckspannungen gemäß [G10/11/12] werden nicht überschritten.

Bild 7.27 zeigt die Hauptspannungen in den Aufmauerungen und Spandrillwänden im Scheitelbereich des Gewölbes des Viaduktes infolge Eigengewicht und einseitiger UIC 71-Last im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80 (Bild 6.21).

Die durchgehenden Linien zeigen die Hauptspannungen infolge beidseitiger UIC 71-Belastung. Die gestrichelten Linien zeigen die Hauptspannungen für einseitige UIC 71-Belastung ($\frac{1}{2}$ UIC). Die blauen Linien stellen die Hauptspannungen am oberen Rand dar, die roten Linien die Hauptspannungen am unteren Rand.

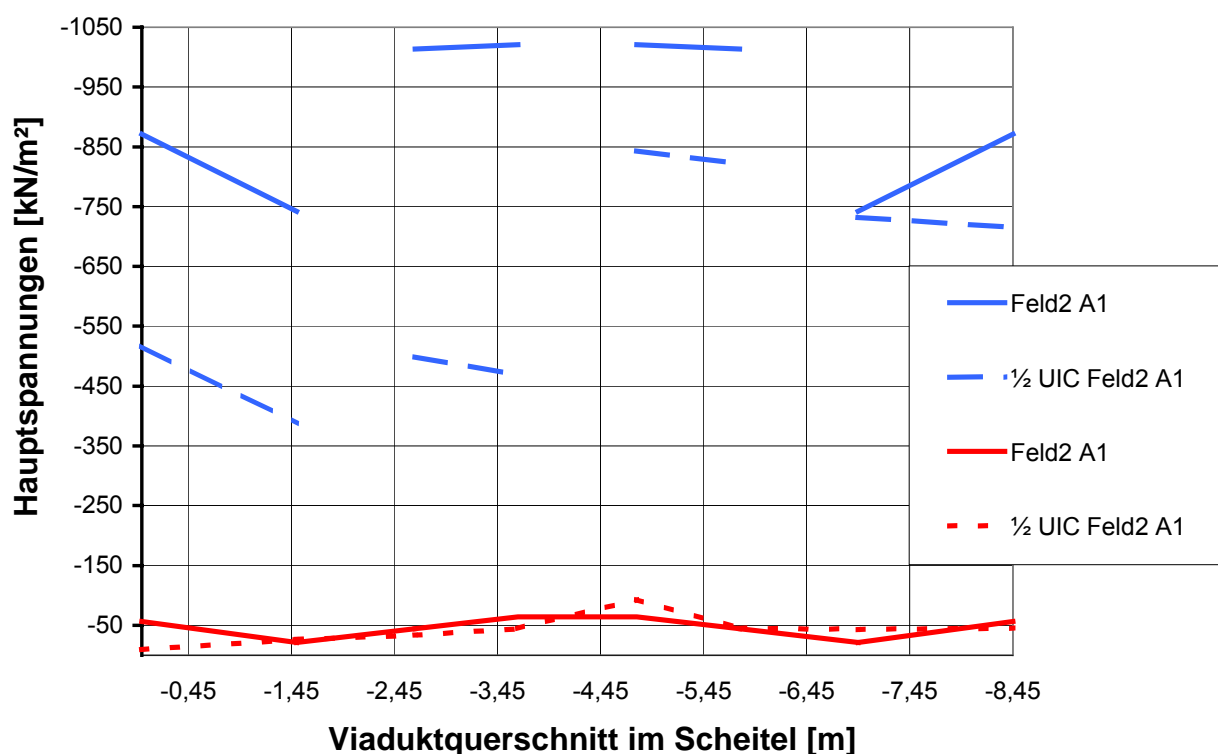


Bild 7.27: Grafische Auswertung der Hauptspannungen in den Aufmauerungen und im Gewölbe im Gewölbescheitel infolge Eigengewicht und UIC 71-Last zwischen Pfeiler 70 und 80. Beidseitige Belastung — und einseitige Belastung - - - ($\frac{1}{2}$ UIC).

An den Hauptdruckspannungen in den Mauerwerksaufbauten ist zu erkennen, ob die UIC-Last beidseitig oder einseitig angeordnet wurde: Die Hauptdruckspannungen am lin-

ken Rand der Aufmauerung haben einen größeren Wert ($-871/ -517 \text{ kN/m}^2$), ebenso wie die Hauptdruckspannungen in den Spandrillwänden ($-468/ -1021 \text{ kN/m}^2$).

Auf Bild 7.28 ist der Verlauf der Hauptspannungen im Scheitelpunkt des Gewölbes zwischen Pfeiler 70 und 80 bei beidseitig angeordneten UIC 71-Lasten isometrisch dargestellt.

Wenn die Radsatzlasten mit einer kleinen Ausmitte zum Bogenscheitel angeordnet werden, liefert dieser Lastfall die größten Hauptdruckspannungen ($\max \sigma_D = -1.021 \text{ kN/m}^2$) in den Aufmauerungen und in den Spandrillwänden. An der Unterkante im Gewölbebereich ist der Querschnitt noch überdrückt. Die betragsmäßig kleinste Hauptdruckspannung beträgt ($\max \sigma_D = -21,7 \text{ kN/m}^2$).

Wirkt die UIC 71-Last nur einseitig auf den Viadukt (Bild 7.31), haben die Hauptdruckspannungen im rechten belasteten Teil der Aufmauerungen deutlich größere Werte als die auf der linken Seite der Aufmauerung, die nur durch Eigengewicht belastet wird.

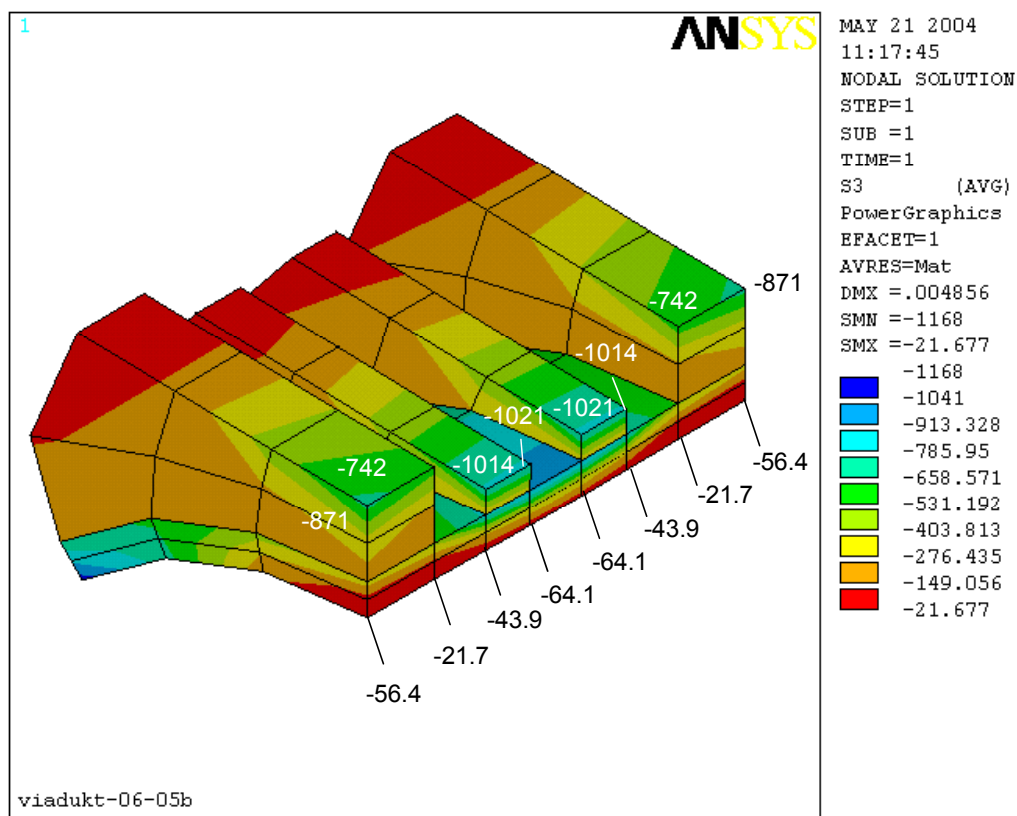


Bild 7.28: Darstellung der Hauptspannungen [kN/m^2] im Scheitelpunkt infolge Eigengewicht und beidseitiger UIC 71-Last im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80.

Der Verlauf der Hauptspannungen an der Unterkante des Gewölbes lässt also keine Rückschlüsse auf die Belastungsseite zu. Die unbelastete Seite weist eine betragsmäßig kleinere Spannung ($\max \sigma_D = -9,6 \text{ kN/m}^2$) auf als die belastete Seite mit $\max \sigma_D = -21,7 \text{ kN/m}^2$.

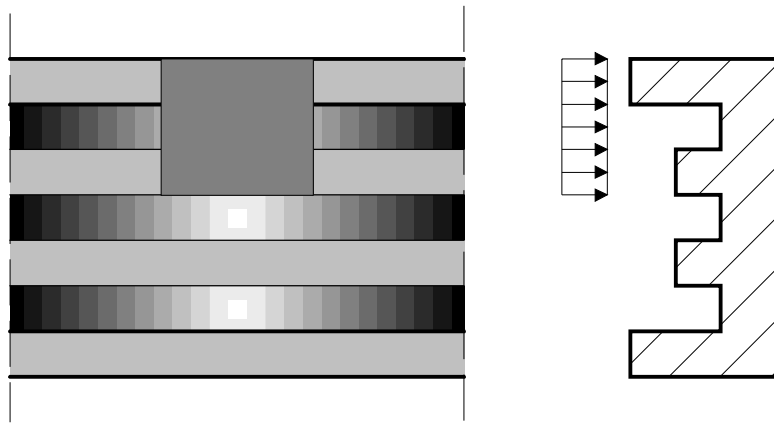


Bild 7.29: Skizze, einseitige UIC Radsatzlast ($\frac{1}{2}$ UIC).

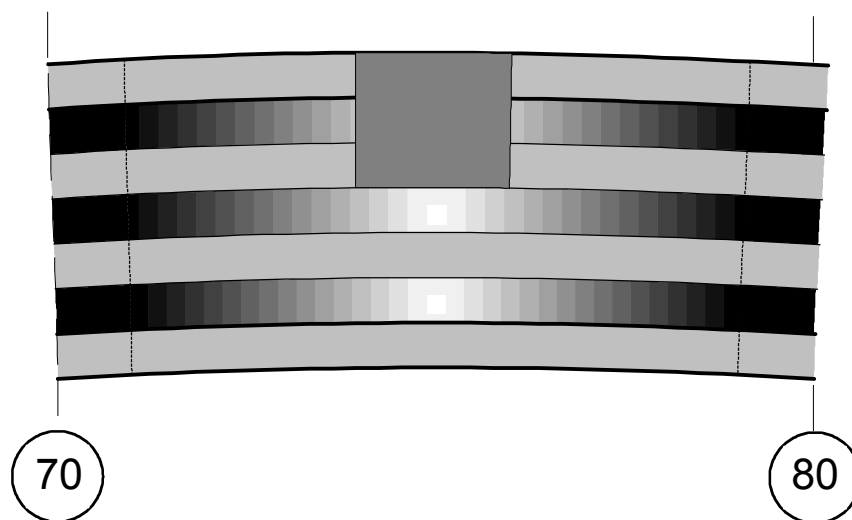


Bild 7.30: Aufsicht und Schnitt durch den Scheitelpunkt des Feldes zwischen Pfeiler 70 und 80, mit Darstellung der einseitigen Radsatzlast und skizzenhafte Darstellung der Verzerrung in horizontaler Richtung infolge dieser einseitigen Last.

Der Scheitelpunkt des Feldes zwischen Pfeiler 70 und 80 wird nur einseitig durch die erhöhten UIC 71-Radsatz-lasten belastet.

Der Scheitelpunkt erfährt in diesem Bereich eine größere Verformungen in vertikaler Richtung als der unbelastete Bereich.

Durch diese ungleichmäßige Verformung im Scheitelpunkt wird der benachbarte Pfeiler 70 nach links und der Pfeiler 80 nach rechts verdreht.

In der Aufmauerung und der Spandrilwand sind, bedingt durch den Bogen-schub, die Druckspannungen auf der belasteten Seite deutlich größer als auf der unbelasteten Seite. Infolge nicht vorhande-

ner UIC 71-Last sind die Druckspannungen in der unbelasteten Aufmauerung und Spandrilwand kleiner. Die Normalkraftkomponente aus der UIC 71-Last ist im unbelasteten Gewölbescheitel deutlich kleiner.

Das Verdrehen der Pfeiler aus einseitiger UIC-Last bewirkt im Scheitel des Gewölbequerschnitts keine Veränderung der Hauptdruckspannungen.

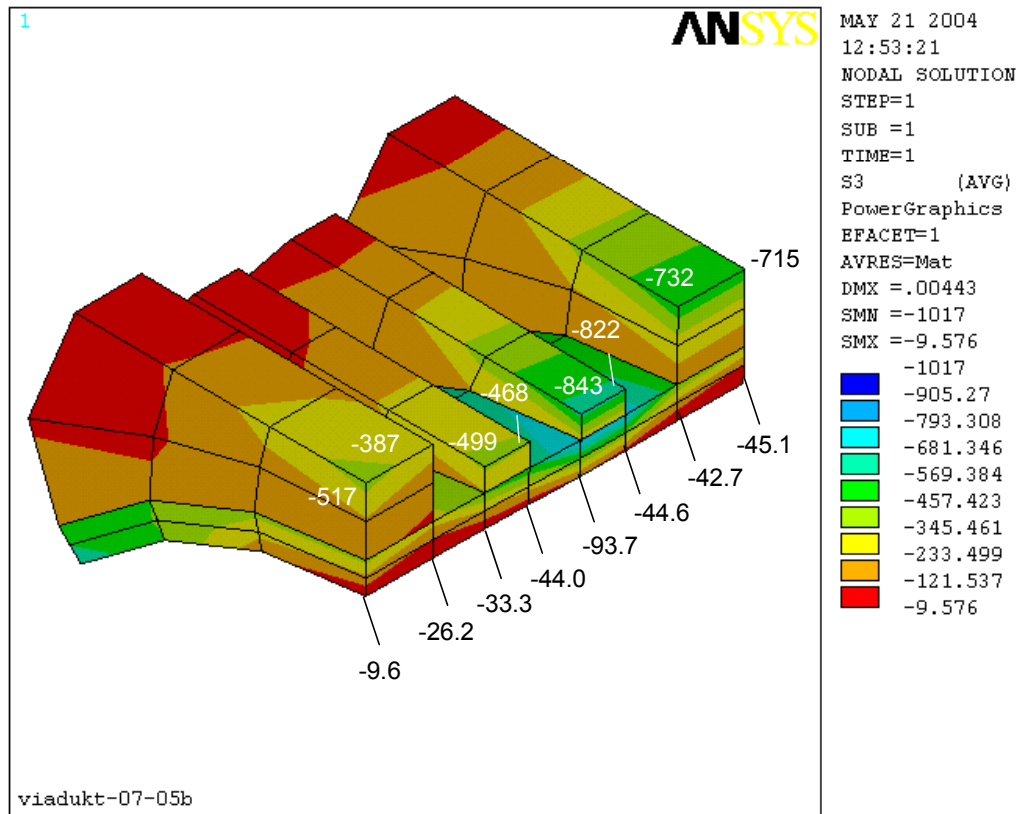


Bild 7.31: Darstellung der Hauptspannungen [kN/m²] im Scheitelpunkt infolge Eigengewicht und einseitiger UIC 71-Last im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80.

7.3 Zusammenfassung

7.3.1 Vergleich "großes Modell – kleines Modell"

Bild 7.15 zeigt den Vergleich der Hauptspannungen für ein "großes System – Pfeiler 0 bis Pfeiler 150" und ein "kleines System – Pfeiler 60 bis Pfeiler 100" in den Aufmauerungen und im Gewölbebereich *infolge Last*.

Bild 7.18 zeigt den Vergleich der Hauptspannungen für ein "großes System – Pfeiler 0 bis Pfeiler 150" und ein "kleines System – Pfeiler 60 bis Pfeiler 100" in den Aufmauerungen und im Gewölbebereich *infolge Zwang*.

Der Vergleich der Hauptspannungen in dem "großen" und dem "kleinen" System zeigt keine signifikanten Abweichungen für das verkürzte System.

Last- und Zwangsbeanspruchungen können vom "kleinen" System hinreichend genau und vor allem deutlich schneller berechnet werden. Die baubegleitenden und somit zeitkritischen Berechnungen wurden deshalb mit dem verkürzten System, dem "kleinen" System, durchgeführt.

7.3.2 Lastfall UIC 71 Lastbild

Die betragsmäßig größten Hauptspannungen in den Aufmauerungen und in den Spanndrillwänden liefert erwartungsgemäß die einfeldrige feldweise Beanspruchung durch UIC 71-Lasten auf beiden Gleisen (Bild 7.28), hier mit einer kleinen Ausmitte $x_a = 1,0$ m der Radsatzlasten zum Bogenscheitel.

Die betragsmäßig kleinsten Hauptdruckspannungen im Gewölbe entstehen allerdings durch eine einseitige Belastung durch UIC 71-Lasten, bezeichnet mit $\frac{1}{2}$ UIC.

Diese Lastfallkombination muss jeweils zusätzlich kontrolliert werden, um eventuell auftretende Zugspannungen in Längsrichtung im Gewölbequerschnitt nachzuweisen.

8. Besonderheiten bei der Makromodellierung des Bahrmühlenviaduktes

8.1 Allgemein

Beim Viadukt wird die Kraftübertragung zwischen dem Mauerwerk, der Aufmauerung und dem Gewölbemauerwerk auch durch die dazwischen liegende Mörtelfuge beeinflusst. Die Größe der zu übertragenden Kräfte wird durch die vorhandene Haftzug- und Haftscherfestigkeit des Mörtels sowie durch dessen aktivierbare Reibung charakterisiert.

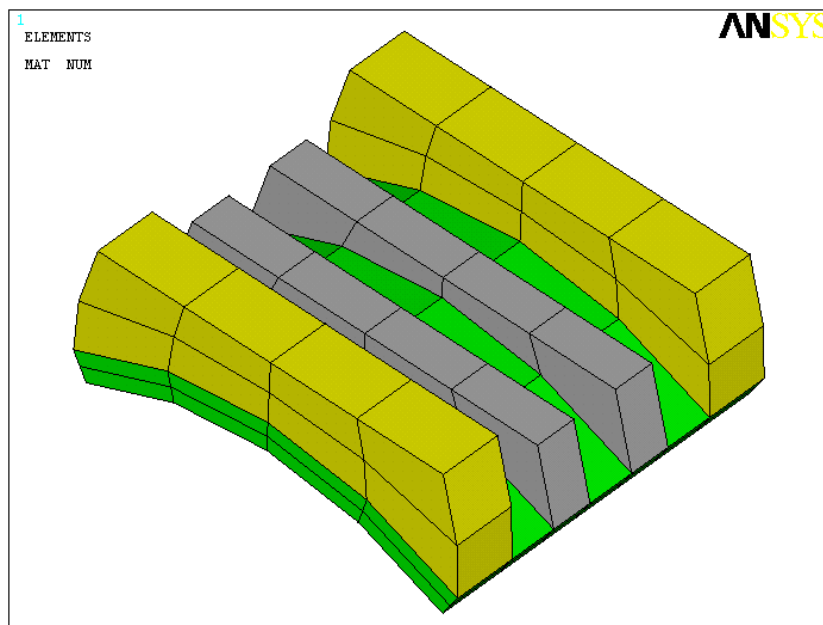


Bild 8.1: Elementierung im Bogenscheitel.

Bei der Diskretisierung des Bahrmühlenviaduktes mit Hilfe der Makromodellierung kann diese Fuge zwischen dem Gewölbe und den Mauerwerksaufbauten nur "verschmiert" abgebildet werden.

Bild 8.1 zeigt die Elementierung im Scheitelbereich im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80.

Das Gewölbemauerwerk

und das Mauerwerk der Aufmauerung sind mit verschiedenen Farben (grün für das Gewölbe, gelb für die Außenwand und schwarzgrau für die Innenwand (Spandrilwand)) gekennzeichnet. Zwischen dem Gewölbemauerwerk und der Aufmauerung aus Außen- und Innenwandmauerwerk befindet sich beim Viadukt die Mörtelfuge. Das verwendete FE-Modell des Bahrmühlenviaduktes mittels Makromodellierung berücksichtigt die Eigenschaften der Mörtelfuge zwischen Gewölbe und Aufmauerung nicht (zwischen grünem und gelben bzw. grauschwarzem Mauerwerk).

In dem FE-Modell des Bahrmühlenviaduktes ist das Gewölbe- und das Aufmauerungsmauerwerk über das Elementnetz starr miteinander verbunden. Das Verhalten der Mörtelfuge zwischen Gewölbe und Aufmauerung kann im FE-Modell nur über die unterschiedlichen Materialgesetze für das Gewölbe- und das Aufmauerungsmauerwerk

beschrieben werden. In der Fuge zwischen dem Gewölbe und der Aufmauerung müssen die Kräfte im Bauwerk zwischen unterschiedlich steifen Materialien (Gewölbe- und Aufmauerungsmauerwerk) und Tragsystemen (Platten- und Scheibentragwerk) übertragen werden. Die Möglichkeit der Kraftübertragung im Fugenmörtel ist an das Materialgesetz für den Mörtel gekoppelt.

Im Modell wird, bedingt durch die starre Kopplung in der Fuge, das Materialgesetz des Gewölbemauerwerks bzw. des Aufmauerungsmauerwerks verwendet.

Grundsätzlich kann bei der Modellierung des Viaduktes die Mörtelfuge zwischen Gewölbe und Aufmauerung auch durch zusätzliche Kontaktelemente, die zwischen den Gewölbe- und Aufmauerungselementen angeordnet werden müssen, diskretisiert werden. Ein wesentlicher Nachteil dieser Variante ist die für den Kontakt-Algorithmus zusätzlich erforderliche Materialsteifigkeit des Kontaktelementes. Bei der detaillierten räumlichen Diskretisierung ist diese zusätzliche Materialsteifigkeit für die Mörtelfuge eine zusätzliche numerische Kenngröße.

Ein weiteres Problem bei der Modellierung der Fuge zwischen Gewölbe- und Aufmauerungsmauerwerk stellt die Geometrie der Mörtelfuge dar. Die Abmessungen der Mörtelfuge sind deutlich geringer als die der Mauerwerkssteine. Schnell entstehen sogenannte Brick- oder Wedge-Elemente, Elemente mit Seitenverhältnissen größer 1 : 4. Diese Elemente führen zu zusätzlichen numerischen Instabilitäten im System.

Diese Art der Modellierung des Mauerwerks, mit Berücksichtigung der Eigenschaften der Mörtelfuge, wird bei der Mikromodellierung (Modellierung von Stein, Mörtel und Verbund) verwendet.

Bei der Makromodellierung [S7] komplexer Strukturen, wie z.B. beim Bahrmühlenviadukt, wird generell auf eine zusätzliche Modellierung der Mörtelfuge verzichtet.

Auf eine Berücksichtigung der Mörtel Eigenschaften der Fuge in dem hier beschriebenen FE-Modell des Bahrmühlenviaduktes mittels Kontaktelementen wird auch verzichtet, um zusätzliche Instabilitäten durch das Kontakt-Element zu vermeiden.

Die Eignung des FE-Modells zur wirklichkeitsnahen Berechnung der Spannungen im Bahrmühlenviadukt bei Nichtberücksichtigung der Mörtelfuge durch zusätzliche FE-Elemente wird ausführlich in *Kapitel 9* gezeigt.

Die Berechnung der Kraftübertragung in der Fuge (ohne Nicht-Berücksichtigung der Mörtelfuge durch zusätzliche FE-Elemente) muss durch ein Makromodell geleistet werden, das die zusätzlichen Randbedingungen, die durch die Mörtelfuge entstehen, erfüllt.

8.2 Kraftübertragung in der Fuge

Bei der Makromodellierung werden die geometrischen Besonderheiten des Viaduktes berücksichtigt. Die Elementierung des Gewölbes orientiert sich an der wirklichen Ausbildung des Bauwerks, d.h. die Dicke bzw. die Ausrichtung und Anordnung der Steinreihen, besonders im Gewölbemauerwerk, wurden im Modell nachgebildet (vgl. Bild 8.1).

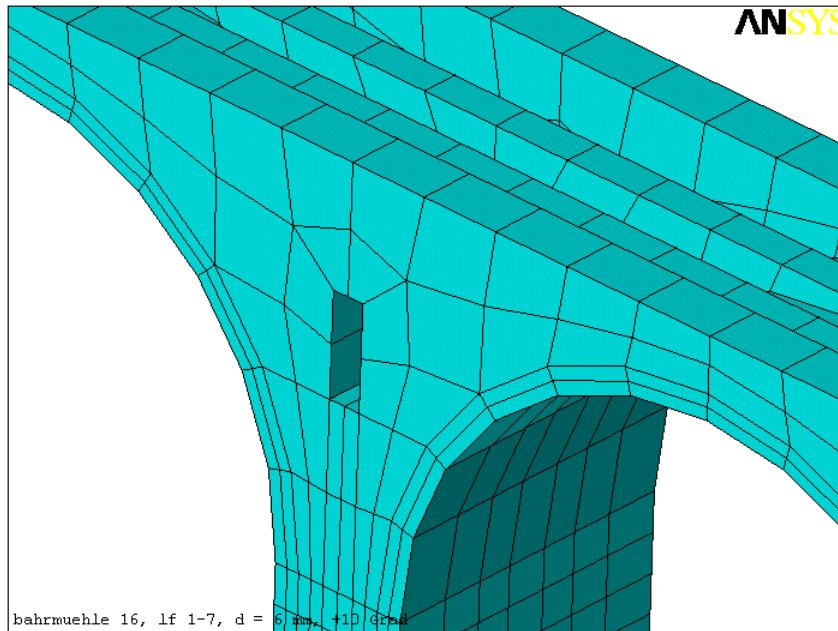


Bild 8.2: Elementierung im Pfeilerkopf im Bereich der Einstiegsöffnung.

Die Aufmauerung der Steinreihen (Längswände) auf dem Gewölbe sowie die Verfüllbereiche im Pfeilerschaft wurden im Modell mit ihren jeweiligen Materialeigenschaften berücksichtigt.

Im Bereich der Pfeilerköpfe wurden auch die Öffnungen (vereinfacht) nachgebildet (siehe dazu auch Bild 8.2).

Bei der Auswertung der FE-Ergebnisse zeigte sich, dass bei voller Mitwirkung der Bogenaufbauten beim Lastabtrag in der Fuge zwischen Bogenrücken und Aufbauten sehr große Kräfte in der Fuge übertragen werden (starrer Verbund zwischen Gewölbe und Aufbauten im FE-Modell).

Bild 8.3 zeigt skizzenhaft die Bewegung zweier Träger (hell- und dunkelgrau dargestellt), die ohne Verbund aufeinander liegen. Wird der Verbund zwischen den Balken hergestellt, werden die behinderten Verformungen (mit gegenläufigen Pfeilsymbolen dargestellt) in Kräfte umgesetzt.

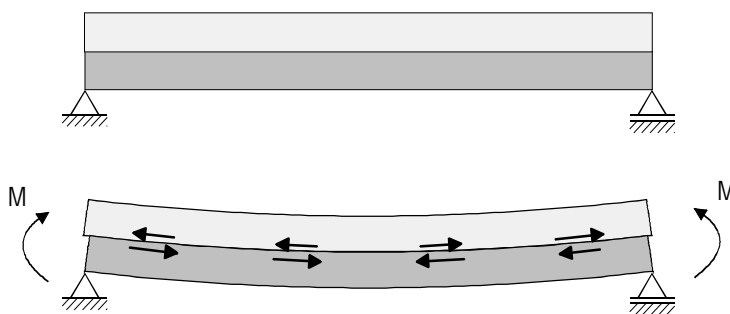


Bild 8.3: Verformungen in der Fuge zwischen den Bauteilen.

dargestellt) in Kräfte umgesetzt. Der Querschnitt muss eben bleiben, d.h. an den Auflagern dürfen keine Verschiebungen der Querschnitte gegeneinander auftreten. Die Größe der übertragbaren Kräfte wird von dem Verbundmittel zwischen den Trägern

bestimmt. In der Mitte des Trägers stehen oben die Druck- und unten die Zugkräfte im Gleichgewicht, d.h. die maximale Druckkraft muss über die Hälfte der Trägerlänge (vom Auflager bis zur Trägermitte) über die Verbundfuge übertragen werden.

Die Größe der Schubkräfte ist in den Bildern kann vereinfacht über die Trägerlänge ermittelt werden.

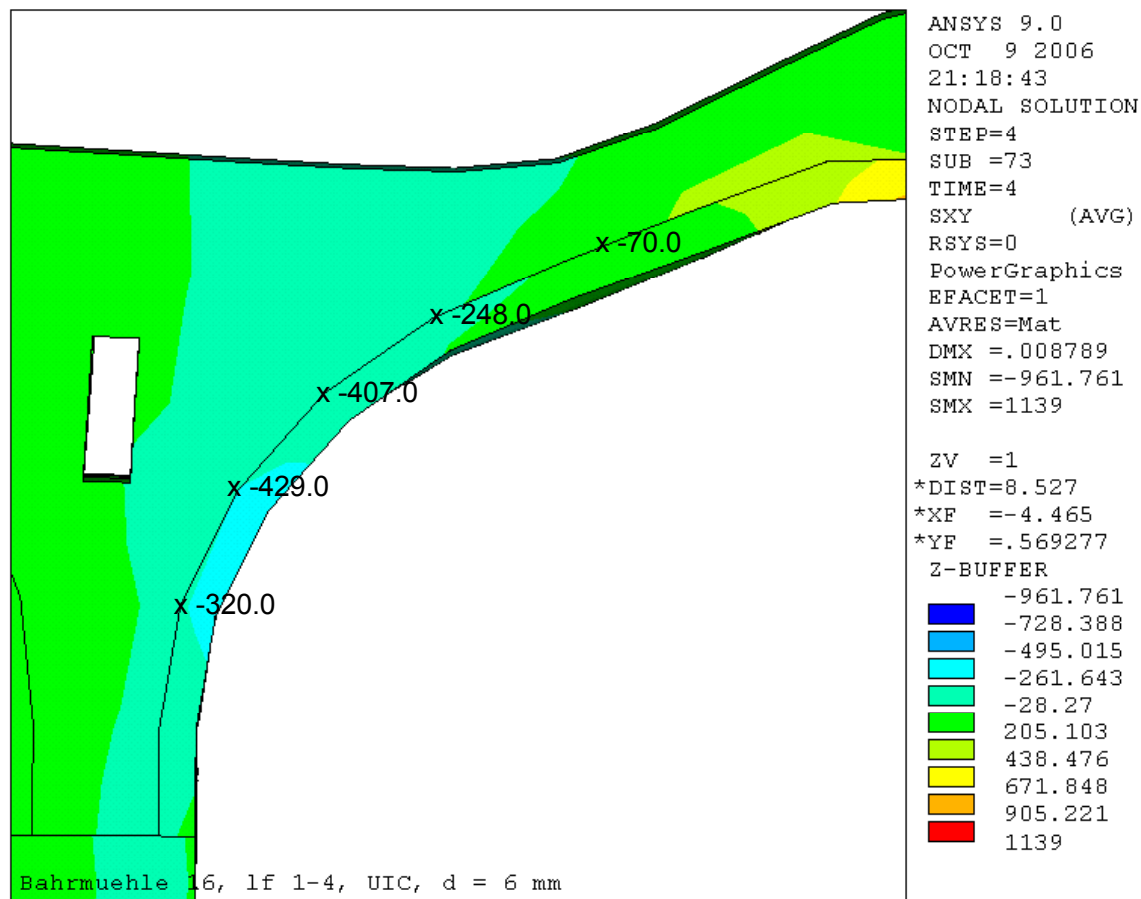


Bild 8.4: Darstellung der σ_{xy} -Spannung [kN/m²] im Bogenscheitel in der Seitenansicht für den Lastfall 4 (Eigengewicht + UIC/2 im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80 + Stützensenkung des Pfeilers 70 von $d(70) = 6,0$ mm), Bogenaufbauten mit 100 % Steifigkeit.

Bei allen Bögen mit Aufmauerung muss die Druckkraft in der Aufmauerung über die Mörtelfuge zwischen Gewölbe und Aufmauerung in das Gewölbe übertragen werden. Bild 8.4 und Bild 8.5 zeigt, dass über die "Fuge" die Kräfte im Scheitelbereich (Spannungen sind je nach Größe farbig, maximale Spannungen in den Aufmauerungen sind im Bereich grün dargestellt) zum Kämpferbereich (maximale Spannungen im Kämpferbereich im Gewölbe sind grün bzw. blau dargestellt) geleitet werden müssen

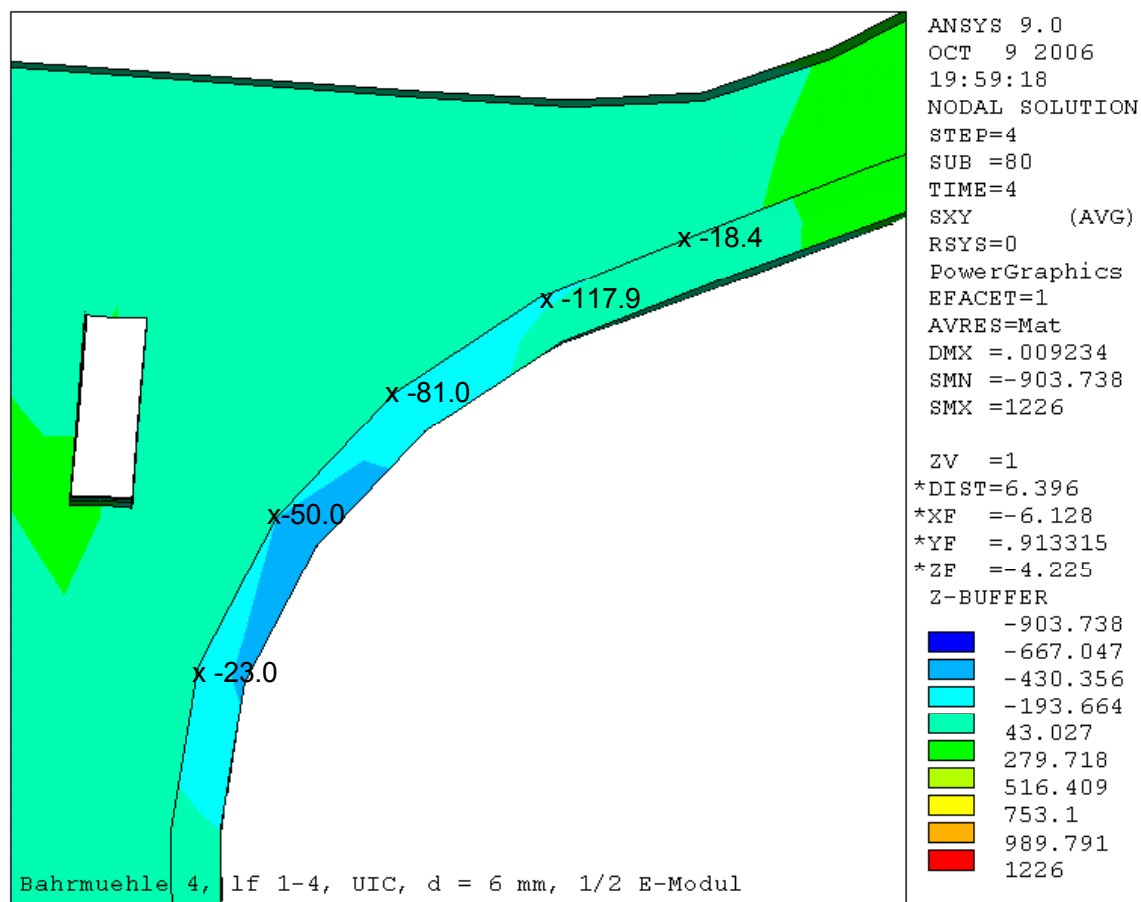


Bild 8.5: Darstellung der σ_{xy} -Spannung [kN/m²] im Bogenscheitel in der Seitenansicht für den Lastfall 4 (Eigengewicht + UIC/2 im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80 + Stützensenkung des Pfeilers 70 von $d(70) = 6,0$ mm), Bogenaufbauten mit 50 % Steifigkeit.

Bild 8.4 zeigt die σ_{xy} -Spannung im Feld zwischen Pfeiler 80 und 90. Es sind die Spannungen am verformten System infolge Last aus Eigengewicht und UIC/2 im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80 und Stützensenkung des Pfeilers 70 von $d(70) = 6,0$ mm dargestellt. Die Steifigkeit der Bogenaufbauten beträgt 100 %. Die Größe der Spannungen im Fugenmörtel wurden zu max. $\sigma_{xy} = -0,421$ MN/m² ermittelt.

Bild 8.5 zeigt die σ_{xy} -Spannung im Feld zwischen Pfeiler 80 und 90. Es sind die Spannungen am verformten System infolge Last aus Eigengewicht und UIC/2 im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80 und Stützensenkung des Pfeilers 70 von $d(70) = 6,0$ mm dargestellt. Die Steifigkeit der Bogenaufbauten beträgt 50 %. Die Größe der Spannungen im Fugenmörtel wurden zu max. $\sigma_{xy} = -0,118$ MN/m² ermittelt.

Nach DIN 1053, Teil 1, 6.9.2 betragen die zulässigen Schubspannungen in der Fuge zwischen Bogentrümmern und Aufbauten für die hier vorliegenden Verhältnisse (Stein- und

Mörtelfestigkeit) $\tau_{zul.} = 0,1 \text{ N/mm}^2$. Dieser Wert beruht auf Forschungen und Veröffentlichungen von Mann [M1] aus den siebziger Jahren.

DIN 1053-1 [J1] unterscheidet die Schubbeanspruchung in Scheibenschub mit:

$$\text{zul. } \tau = \sigma_{0HS} + 0,20 \sigma_{Dm} \leq \max \tau \quad (8.1)$$

mit σ_{0HS}	nach Tafel E.1.4 (gemäß Mörtelgruppe),
mit σ_{Dm}	mittlere zugehörige Druckspannung rechtwinklig zur Lagerfuge im ungerissenen Querschnitt,
mit $\max \tau$	$n \cdot \beta_{NST.}$,

und Plattenschub mit:

$$\text{zul. } \tau = \sigma_{0HS} + 0,30 \sigma_D \quad (8.2)$$

mit σ_{0HS}	nach Tafel E.1.4 (gemäß Mörtelgruppe),
mit σ_D	mittlere zugehörige Druckspannung rechtwinklig zur Lagerfuge.

Der maximal zulässige Wert der Schubspannungen in der Mörtelfuge für die FE-Berechnung wurde gemäß der Untersuchungen von *Berndt* [B2] und der neuen Norm DIN 1053-1 [J1] mit $\tau_{zul.} = 0,2 \text{ MN/m}^2$ festgelegt.

Dieser Wert ist kleiner als die zulässige Schubspannung von $\tau_R = (0,56 + 0,453) / 2,5 = 0,405 \text{ MN/m}^2$ für MG II nach *Berndt* [B2] aus dem Jahr 1996 (Mit den Werten 0,56 und 2,5 gemäß [B2] und $\sigma_D = 0,453 \text{ MN/m}^2$ infolge Auflast aus der FE-Berechnung). Dieser Wert ist auch kleiner als der max. $\tau_{zul.}$ Wert in DIN 1053-1 [J1] (max. $\tau_{\text{Gewölbe}} = 0,014 \cdot 143 = 2,0 \text{ MN/m}^2$) für den Scheibenschub und kleiner als der max. $\tau_{zul.}$ Wert in DIN 1053-1 (zul. $\tau_{\text{Gewölbe}} = 0,09 + 0,30 \cdot 0,453 = 2,26 \text{ MN/m}^2$) für den Plattenschub (Mit den Werten $\sigma_{0HS} = 0,09 \text{ MN/m}^2$ aus Tafel E.1.4 und $\sigma_D = 0,453 \text{ MN/m}^2$ infolge Auflast aus der FE-Berechnung).

Die Mitwirkung der Aufbauten (Außen- und Innenwandmauerwerk) beim Lastabtrag kann jedoch nicht größer sein als es die in der Fuge übertragbaren Kräfte ermöglichen. Bei 100 % iger Steifigkeit der Aufbauten werden die zulässigen Spannungen in der Mörtelfuge überschritten. Die Nichtberücksichtigung der Fuge führt beim Makromodell mit dem starren Verbund zwischen Gewölbe- und Aufmauerungsmauerwerk somit dazu, dass zu große Kräfte in die Aufmauerung übertragen werden (steife Bauteile ziehen Lasten an).

In weiteren Iterationen wird nun versucht durch Änderungen der Steifigkeiten des Mauerwerks im System die zulässigen Spannungen in der Mörtelfuge einzuhalten.

In der weiteren FE-Berechnung werden die Steifigkeiten im Mauerwerk der Aufmauerungen (Außenwand-, Innenwand- und Verfüllmauerwerk) auf 75 %, 50 % und 33 % ihrer ursprünglichen Werte gesenkt.

Die Steifigkeiten werden nicht automatisch per Programm geändert werden, die FE-Berechnungen mit geänderten (weicheeren) Materialmodellen durchgeführt werden.

Die weiteren Iterationen mit geänderten Steifigkeiten des Materials der Aufbauten (Außenwand-, Innenwand- und Verfüllmauerwerk) sollen zeigen, ob die zulässigen Werte der Schubspannungen eingehalten werden können.

Die Steifigkeit des Mauerwerks der Aufmauerung wird in einer ersten Iteration mit 50 % der Ausgangssteifigkeit des Aufmauerungsmauerwerks angesetzt.

Weitere Iterationen werden mit 75 % und 33 % der ursprünglichen Steifigkeit durchgeführt.

In der Mörtelfuge sind bei 50 % iger Steifigkeit der Aufbauten gemäß Handrechnung die vorhandenen Schubspannungen mit $\tau_{Fm\ddot{o}} = 0,118 \text{ MN/m}^2$ kleiner als der festgelegte Grenzwert von $\tau_{zul.} = 0,2 \text{ MN/m}^2$.

Um die Größe der Schubspannungen in der Mörtelfuge einzugrenzen, werden zusätzlich zur Berechnung mit 50 %iger Steifigkeit der Aufbauten stichprobenhafte Rechnungsläufe auch mit Abminderungen der Materialsteifigkeiten der Aufbauten auf 75 % und auf 33 % durchgeführt. Die Veränderung der Materialsteifigkeiten auf 75 % und auf 33 % ihrer ursprünglichen Steifigkeiten führt bei der Berechnung der Schubspannungen in der Mörtelfuge zu keinen zufriedenstellenden Ergebnissen. Die Ergebnisse dieser Berechnung sind hier nicht dargestellt.

8.3 Zusammenfassung

Die Mitwirkung der Bogen-Aufbauten aus Außen- und Innenwandmauerwerk wird durch die Größe der Schubspannungen in der Mörtelfuge zwischen Bogenoberseite und Wandaufbauten begrenzt.

Gemäß DIN 1053-1 [J1] sind bei den verwendeten Materialien nur Schubspannungen in der Größenordnung von $\tau_{zul.} = 0,2 \text{ N/mm}^2$ zulässig. Bei 100 %iger Steifigkeit der Aufbauten erreichen die Schubspannungen in der Mörtelfuge den Wert $\tau_{Fm\ddot{o}} = 0,421 \text{ MN/m}^2$. Die berechneten Werte der Schubspannungen in der Mörtelfuge der FE-Berechnung liegen deutlich darüber.

Die Aufbauten aus Außenwand- und Innenwandmauerwerk müssen daher mit einer reduzierten Steifigkeit in der FE-Berechnung angesetzt werden, da in dem Makromodell die Eigenschaften der Mörtelfuge zwischen Gewölbe und Aufmauerungsmauerwerk nicht berücksichtigt werden.

Eine automatische Anpassung der Steifigkeiten der Aufmauerungen kann, bedingt durch die nichtlineare FE-Berechnung, in das Programm nicht eingebaut werden. Daher ist eine zusätzliche "Handarbeit" (Anpassung der Steifigkeit im Materialgesetz für die Aufmauerung) erforderlich, um die Besonderheiten der Mörtelfuge zwischen Gewölbe- und Aufmauerungsmauerwerk zu berücksichtigen.

Die Veränderung der Materialgesetze für die Aufmauerungen führen jedoch zu keinen numerischen Instabilitäten, wie sie durch den Einbau von Kontaktelementen entstehen können.

Durch die Reduzierung der Steifigkeiten der Aufbauten auf dem Gewölbe sollen die Aufbauten "weicher" "ausgeführt werden. Das Tragverhalten der "weicheren" Aufbauten hat zur Folge, dass ein nicht so großer Teil der Kräfte in die Mauerwerksaufbauten geleitet werden muss.

Das Ergebnis der Variation der Steifigkeiten der Aufmauerungen bei dem FE-Modell des Bahrmühlenviadukts ist der Abminderungsbeiwert von $k_{\text{red}} = 0,5$.

Durch die 50 % ige Reduzierung der Steifigkeiten der Außen- und Innenwände auf dem Gewölbe ergeben sich Schubspannungen zwischen Bogen und Wand im Fugenmörtel von $\tau_{\text{max}} = 0,118 \text{ M/m}^2$.

Für die weitere FE-Berechnung des Bahrmühlenviaduktes werden die Mauerwerksaufbauten (Außen- und Innenwandmauerwerk) nur noch mit auf 50 % reduzierten Steifigkeiten berücksichtigt.

Bild 8.6 zeigt die in der FE-Berechnung gewählten neuen um 50 % reduzierten Materialgesetzen für das Außenwand-, Innenwand- und Verfüllmauerwerk in einer Übersicht. Das Pfeiler- und das Gewölbemauerwerk ist mit der ursprünglichen "100 %" Steifigkeit dargestellt.

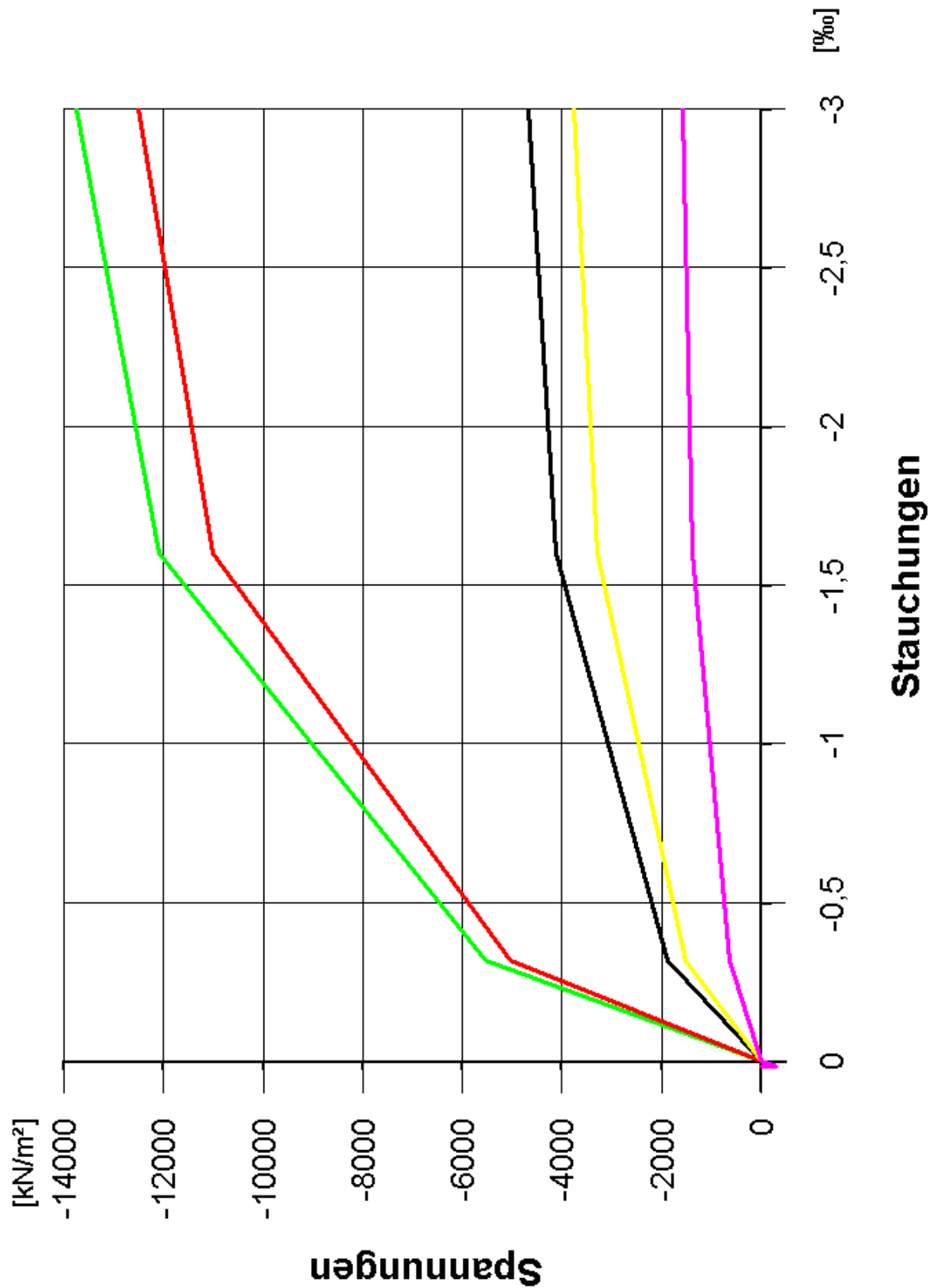


Bild 8.6: Arbeitslinien für das Mauerwerk im FE-Modell, — Gewölbe-, — Pfeiler-, — Mittelwand-, — Außenwandmauerwerk und — Verfüllung.

9. Validieren des FE-Modells

„Validieren“ ist das Überprüfen eines gegebenen Wertes auf seine Korrektheit.

Unter „Validieren des FE-Modells“ wird die Überprüfung der FE-Ergebnisse der Berechnung der Bauzustände des Bahrmühlenviadukts auf hinreichende Übereinstimmung mit der Wirklichkeit verstanden.

9.1 Zwang infolge Temperaturänderung im Viadukt

Am Bahrmühlenviadukt sind eine Vielzahl von Messeinrichtungen angeordnet worden, um die Umbauarbeiten am Viadukt zu begleiten und gleichzeitig auch überwachen zu können.

Infolge Temperaturänderung entstehen im Bauwerk Längenänderungen und / oder Wärmespannungen. Bedingt durch die statisch unbestimmte Lagerung der Bogen sind die Möglichkeiten zur Längenänderung nur gering, so dass durch Temperaturänderung im Bauwerk in erster Linie zusätzliche Beanspruchungen entstehen, auch Zwang genannt.

9.1.1 Dauerüberwachungssystem

Verformungsmessungen am Viadukt wurden von Dauerüberwachungssystemen mit Präzisionsgeräten durchgeführt. Am Viadukt wurden zwei voneinander unabhängige Messsysteme installiert. Ihre geotechnischen Sensoren sind unmittelbar am Bauwerkskörper angebracht; 48 Dehnungsgeber im Scheitelbereich, in den Viertelpunkten der Gewölbe und in den Kämpferbereichen messen die Verformungen in den Achsen 60 bis 100.

Die Weggeber können Relativbewegungen (Verschiebungen) mit einer Genauigkeit von 0,1 mm bis 0,5 mm angeben.

Die Überwachung der Bauwerkstemperatur im Außen- und Innenmauerwerk des Viaduktes wird von 35 Temperatursensoren übernommen.

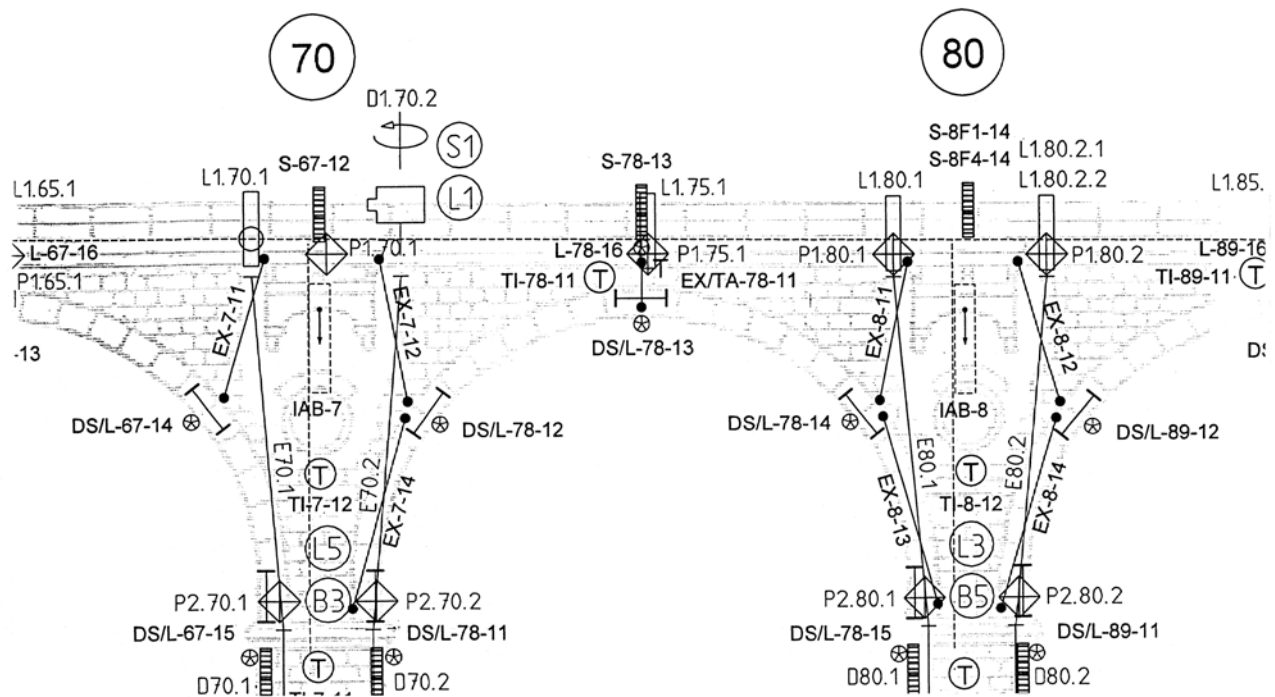


Bild 9.1: Messeinrichtungen der Firma Isometric für die Pfeiler in den Achsen 70 und 80

Nur im Bereich der Pfeiler 60 bis 100 und besonders im Bereich der Pfeiler 70 bis 90 sind eine Vielzahl von Messeinrichtungen platziert worden, da dort umfangreiche Umbaumaßnahmen stattfinden. Die Untertunnelung des Bahrmühlenviaduktes betrifft den Bereich der Pfeiler 70 bis 90. Bild 9.1 zeigt beispielhaft die in und an den Pfeilern 70 und 80 angebrachten Messeinrichtungen.

9.1.2 Modellberechnung, Lastfall Eigengewicht und Temperaturerhöhung

Die genaue Überwachung des Viaduktes mit Messeinrichtungen wurde genutzt, um die FE-Berechnungen am Modell des Bahrmühlenviaduktes zu überprüfen. Für die Validierung wurde eine konstant über den Viadukt verteilte Temperaturerhöhung um 5°C, um 10°C und um 15°C gewählt, für die die Verformungen infolge Eigengewicht und Temperaturerhöhung berechnet wurden. Dagegen würde eine alleinige FE-Berechnung der Verformungen aus Temperatur die Vorverformungen infolge Eigengewicht nicht berücksichtigen und wäre somit am realen Bauwerk nicht validierbar.

Bild 9.2 zeigt die isometrische Darstellung der vertikalen Verformungen aus Eigengewicht. Die Verformungen sind mit verschiedenen Farben dargestellt. Die absolut größte Verformung wird mit blau angezeigt. Die am FE-Modell berechneten Verformungen allein aus Eigengewicht können am Viadukt jedoch nicht gemessen werden, da sich der Viadukt

in seiner langen Nutzungszeit gesetzt und verformt hat und die Messeinrichtungen erst im Zuge des Umbaus angebracht worden sind.

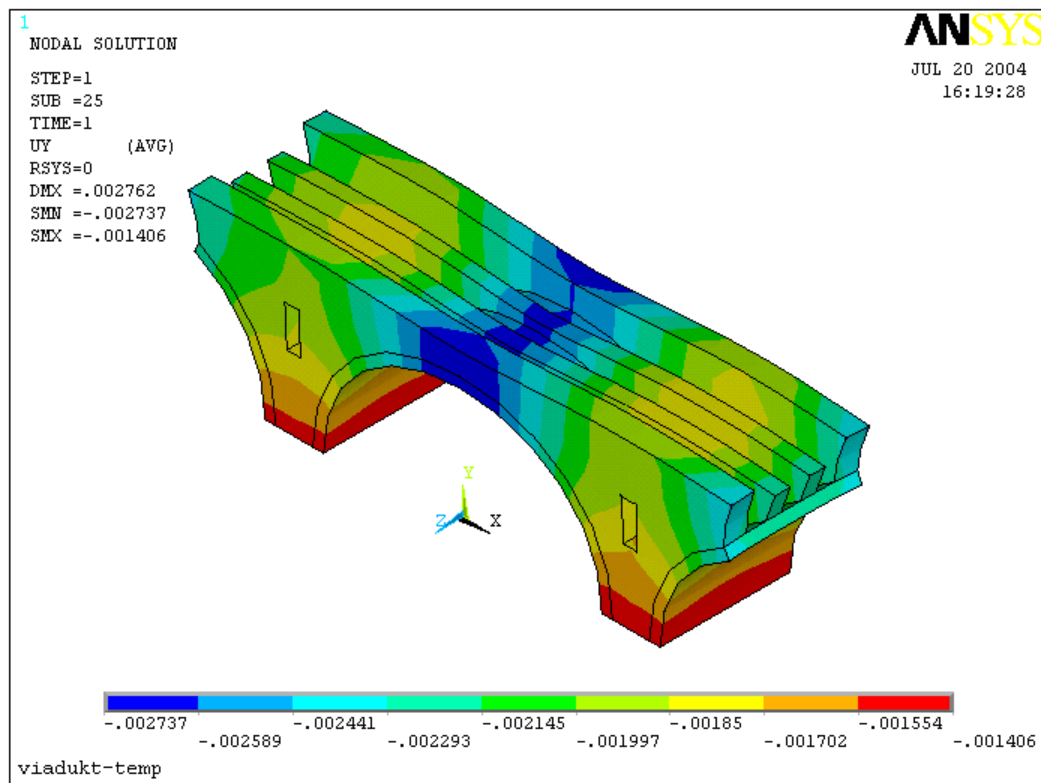


Bild 9.2: Isometrische Darstellung der Verformungen [in m] in vertikaler Richtung infolge Eigengewicht im Scheitelpunkt im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80.

Bild 9.3 zeigt die isometrische Darstellung der vertikalen Verformungen aus Eigengewicht und einer Temperaturerhöhung um 10 °C. Die Differenz der vertikalen Verformungen im Scheitelpunkt zwischen Pfeiler 70 und 80 aus Lastfall Eigengewicht und Lastfall Eigengewicht und Temperaturerhöhung kann mit den Messwerten des Überwachungssystems verglichen werden, da Messwerte für beide Zustände (Temperatur nicht erhöht, Temperatur erhöht) vorliegen.

Die zahlenmäßig größte Verformung (positiver Wert) wird im Bild rot angezeigt (das FE - Programm ANSYS® stellt automatisch die größten Verformungen in Richtung des Koordinatensystems, hier die Y-Richtung, mit der Farbe rot dar (siehe Bild 9.3), die größten Verformungen entgegen der Richtung des Koordinatensystems, werden in blau dargestellt (siehe Bild 9.2)).

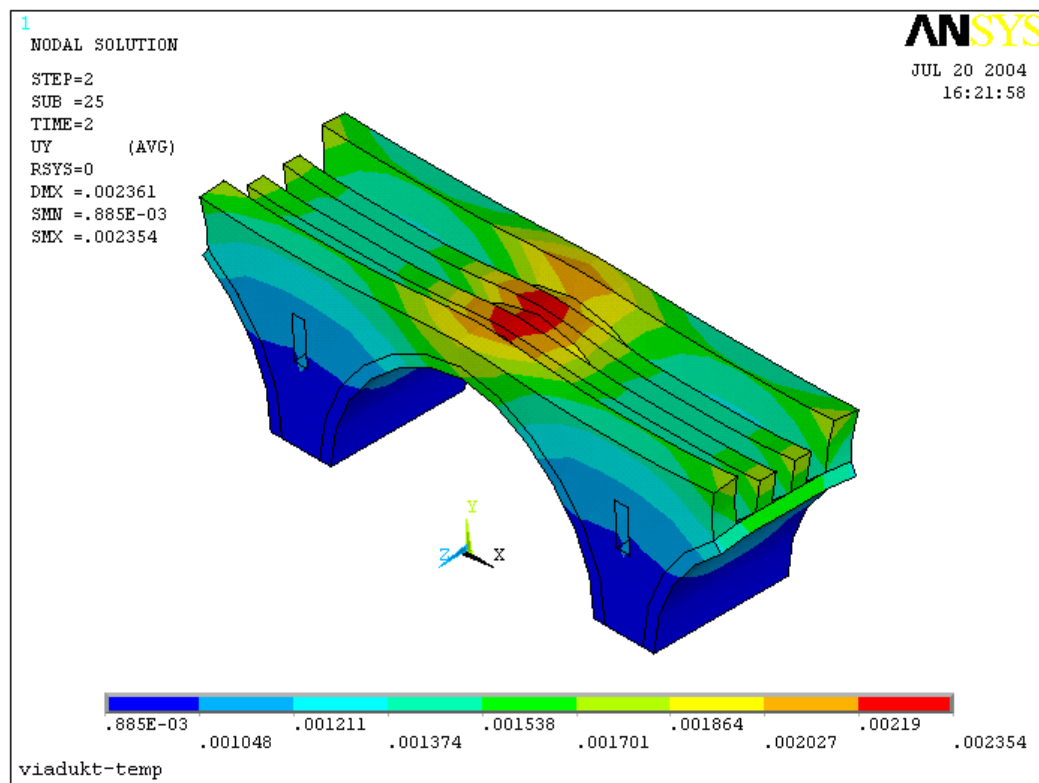


Bild 9.3: Isometrische Darstellung der Verformungen [in m] in vertikaler Richtung infolge Eigengewicht und Temperaturerhöhung im Scheitelpunkt im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80.

Für den Scheitelpunkt zwischen Pfeiler 70 und 80 sind die FE-Ergebnisse grafisch aufbereitet worden.

Bild 9.4 zeigt den Vergleich der gemessenen Verformungen mit den FE-Berechnungsergebnissen im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80 für Pfeiler 80 im Scheitelpunkt für absolute Temperaturerhöhungen um 5°C, um 10°C und um 15°C (Temperatursensor TI 8).

Die Temperaturen wurden an der jeweiligen Außenseite des Viaduktes in der Höhe der Unterkante des Gewölbes und in der Mitte an der Unterseite des Gewölbes gemessen. Die durchgezogene grüne und schwarze Linie stellen die gemessenen Temperaturen und die dazugehörige Verformung dar. Die vor Ort gemessenen Verformungen sind als Mittelwert aus den jeweils drei Messergebnissen in Querrichtung des Viadukts angegeben. Die gestrichelte grüne und schwarze Linie beschreibt die Ergebnisse der FE-Berechnung. Die Werte der FE-Berechnung sind als Mittelwerte aus fünf Ergebnissen aufgetragen, zwei für die jeweiligen Außenseiten des Viaduktes (in der Höhe der Unterkante des Gewölbes) und drei Ergebnisse aus dem Mittelbereich (in Bild 9.5 mit "Innen" und "Mitte" bezeichnet) an der Unterseite des Gewölbes.

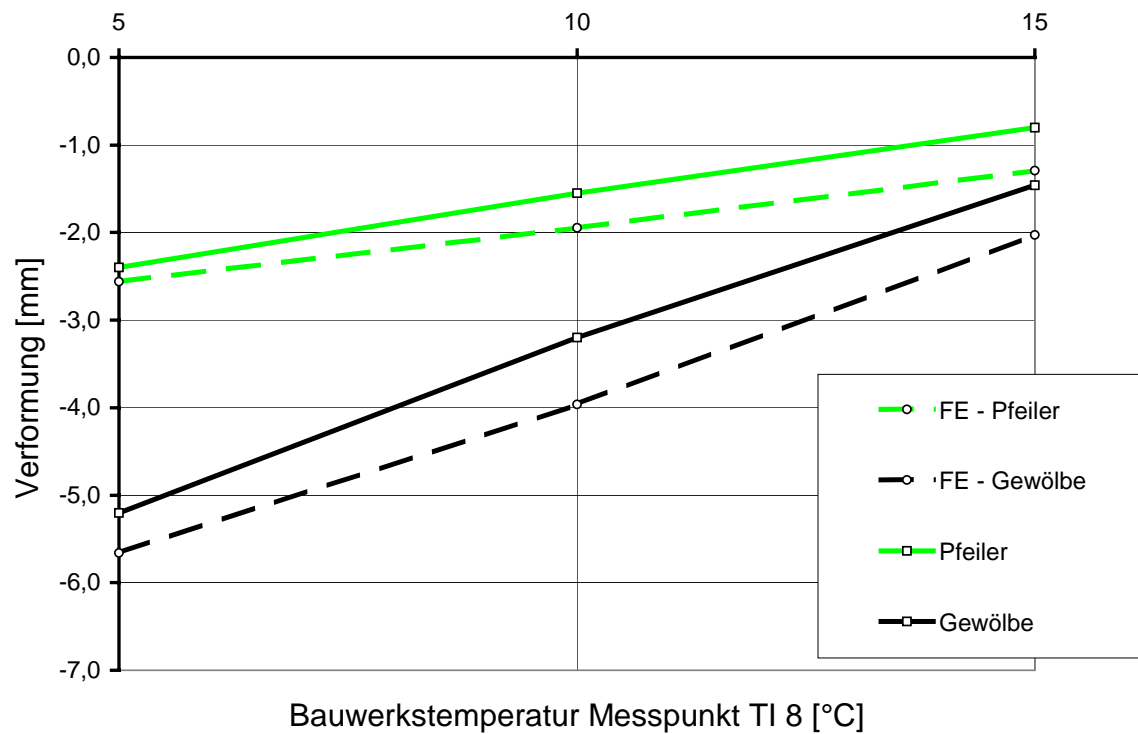


Bild 9.4: Max. Durchsenkung des Bogenscheitels (Feld zwischen Pfeiler 70 und 80, Messpunkt TI 8) infolge Lastfall "Eigengewicht und Temperatur" bei gleichmäßiger Temperaturerhöhung um 5°, um 10° und um 15° Werte am Bauwerk gemessen [B18] und Werte der FE-Berechnung.

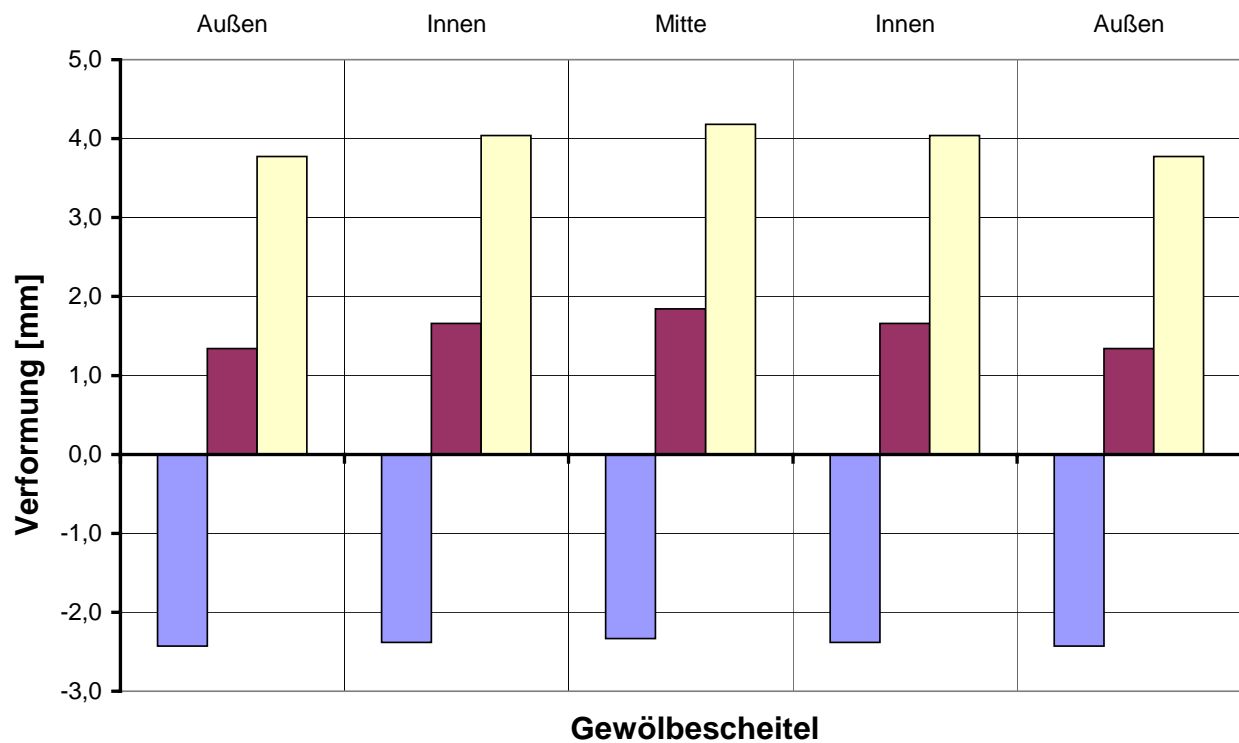


Bild 9.5: Max. Durchsenkung des Bogenscheitels (Feld zwischen Pfeiler 70 und 80, Messpunkt TI 8) infolge Lastfall "Eigengewicht", Lastfall "Eigengewicht und 15 °C Temperatur", Differenz der zwei Lastfälle.

Bild 9.5 zeigt eine graphische Darstellung der berechneten Verformungen in Säulenform im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80 für eine Temperaturerhöhung um 15 °C. Die gelben Säulen stellen dabei die Differenz der Verformung aus Eigengewicht (blaue Säulen) und aus Eigengewicht und Temperaturerhöhung (dunkelrote Säulen) dar.

9.1.3 Vergleich der Ergebnisse der FE-Berechnung

Die Vergleiche zwischen Messergebnissen und berechneten Verformungen, auch für eine Temperaturerhöhung von 15 °C und 5 °C (Bild 9.4), zeigen eine hinreichend gute Übereinstimmung. Dies bedeutet, dass die in den FE-Berechnungen angesetzten Steifigkeiten der Mauerwerksmaterialien für Eigenlast und Temperatur das wirkliche Tragverhalten des Viaduktes gut erfassen.

9.2 Zwang infolge Heben der Pfeiler 70 und 90

Durch die Umbaumaßnahmen am Viadukt können ungleichmäßige Setzungen der Pfeiler auftreten. Ein Teil der Messanlagen ist daher für die Ermittlung der Verformungen des Bauwerks eingebaut worden. Bedingt durch die statisch unbestimmte Lagerung des Viadukts können dadurch zusätzliche Beanspruchungen, auch Zwang genannt, entstehen.

9.2.1 Dauerüberwachungssystem

Wie bereits in Kapitel 1 ausgeführt, wurden die Umbaumaßnahmen am Bahrmühlenviadukt erforderlich, um eine verbreiterte, dem gestiegenen Verkehrsaufkommen angepasste Autobahn A4, unter den Viadukt hindurch, zu führen.

Die verbreiterte Autobahn A4 wird nun mit jeweils 3 Richtungsfahrbahnen durch einen kurzen Tunnel geführt, der Bahrmühlenviadukt stützt sich mit seinen Pfeilern 70, 80 und 90 auf dem neuen rechteckigen Tunnelbauwerk ab. Bild 9.6 zeigt eine Ansicht des Bahrmühlenviaduktes mit der Untertunnelung durch die Autobahn A4 kurz vor Fertigstellung des Umbaus.



Bild 9.6: Westansicht der Umbaumaßnahme "Untertunnelung" des Bahrmühlenviaduktes.

Die mit der Umbaumaßnahme beauftragte Baufirma setzte, unter anderem zur Überwachung der Pfeilersetzungen, ein eigenes Mess-System ein.



Bild 9.7: Blick auf die zwei Pressen (Mitte Bild) von Pfeiler 90 unter der Abfangekonstruktion.

Die gekürzten Pfeiler 70 bis 90 wurden nach Fertigstellung des Tunneltragwerks auf dieses abgesetzt. Während der Umbaumaßnahme wurden die drei Pfeiler auf Pressen gelagert und waren somit justierbar. Die eingepprägten Kräfte der drei Pfeiler aus den Lasten des Überbaus wurden mit der Messeinrichtung über Druckmessdosen aufgezeichnet.

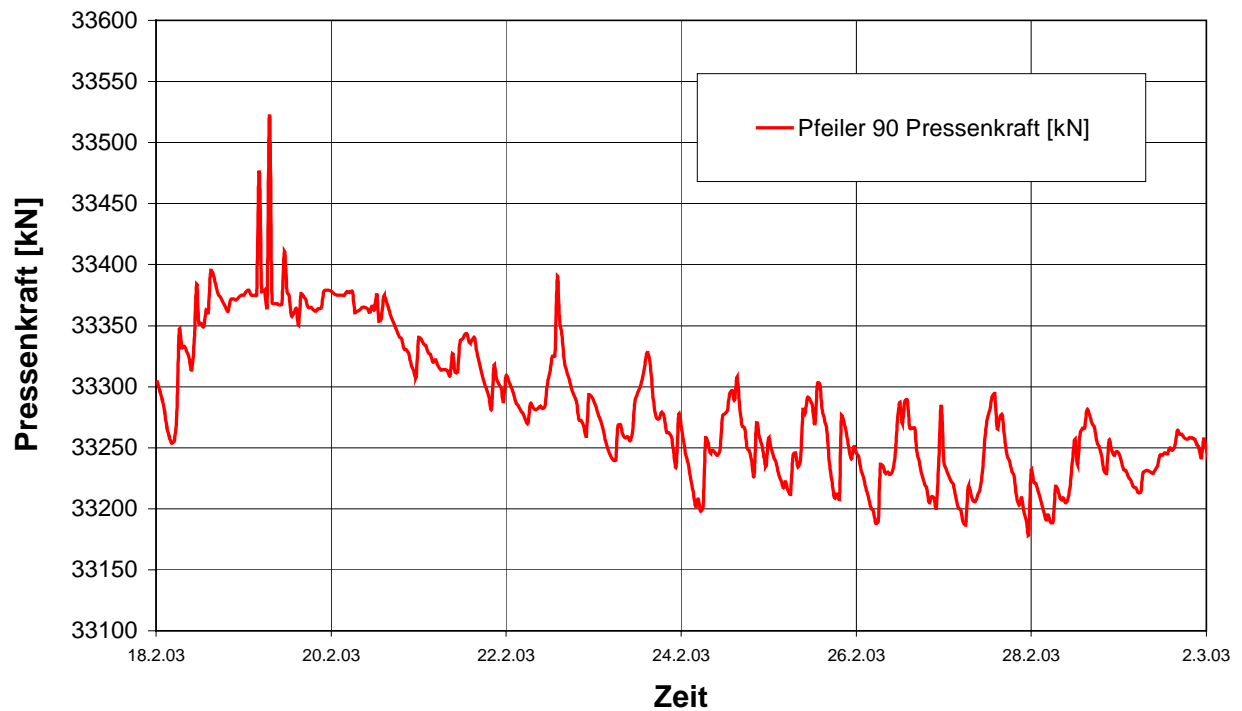


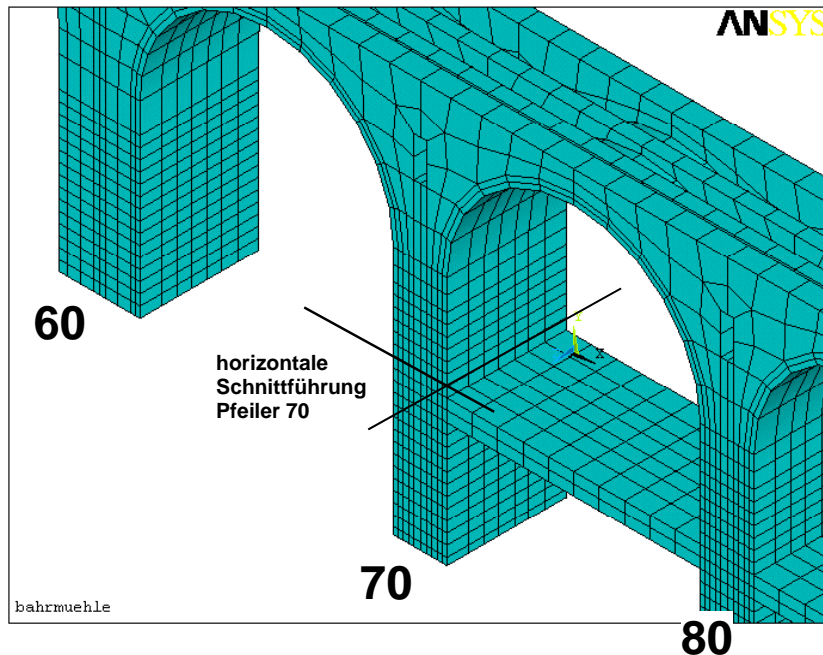
Bild 9.8: Darstellung gesamten Pressenkraft (12 Pressen), gemessen am für den Pfeiler 90 vom 18.02.2003 bis zum 02.03.2003.

Bild 9.8 zeigt eine Darstellung der gesamten Pressenkraft aller 12 installierten Pressen im Pfeiler 90 für ein Zeitfenster vom 18.02.2003 bis zum 02.03.2003.

Die Pressenkräfte (max. 33.523 kN, min. 33.178 kN) schwanken in dieser Zeit geringfügig um 1,04 %.

9.2.2 Modellberechnung, Lastfall Eigengewicht und Heben Pfeiler 70

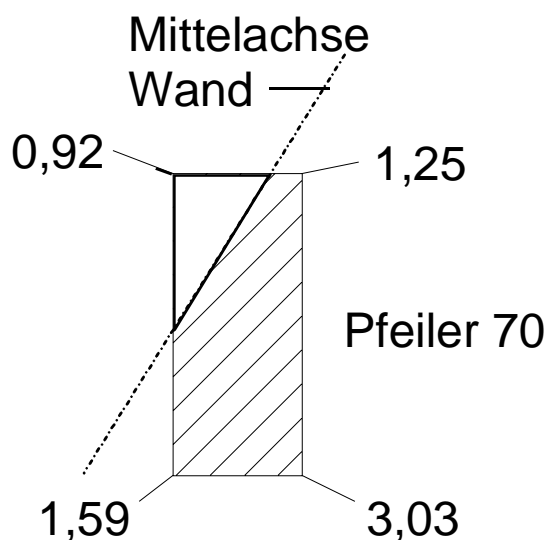
Um einen Vergleich der gemessenen Pfeilerkräfte mit der FE-Berechnung durchführen zu können, hier exemplarisch für den Pfeiler 70, wurde bei der Auswertung für den Lastfall



Eigengewicht ein horizontaler Schnitt am Pfeiler 70 durch den Viadukt gelegt. Bild 9.9 zeigt die Schnittführung. Zusätzlich ist auf dem Bild zu sehen, dass das Abfangebauwerk (die Untertunnelung des Viaduktes) bereits in das FE-Modell eingearbeitet ist. Die Decke der Abfangekonstruktion verläuft, wie im Bild dargestellt, von Pfeiler 70 zum Pfeiler 80

Bild 9.9: Darstellung der horizontalen Schnittführung im Pfeiler 70.

knapp unterhalb der horizontalen Schnittführung. Im März 2004 wurde Pfeiler 70 mittels der Pressen um die in Bild 9.10 angegebenen Werte angehoben, um nach Abschluss der Schwind- und Kriechverformungen die Ausgangslage vor Umbau, die Lage "Null", wieder



zu erreichen. Setzungsdifferenzen zu den anderen Pfeilern (10 bis 50 und 100 bis 140) aus dem Bau des Abfangebauwerks wurden durch "gerades" Heben ausgeglichen. Das im Bild erkennbare nicht „gerade“, sondern „schiefe“ Heben wurde erforderlich, weil Pfeiler 70 nicht kantenparallel und auch nur zum Teil auf dem Abfangebauwerk steht. (vgl. Bild 9.11), eine Konstruktionsweise, die durch den Schnittwinkel von Autobahn und Viadukt erforderlich wurde. Die Linie auf Bild 8.11 von links unten nach rechts oben stellt die Mittelachse des Abfangebauwerks dar.

Bild 9.10: Schematische Darstellung der Ordinaten der Pfeilerhebung [mm] für Pfeiler 70.

Verformungen (für $t \Rightarrow \infty$) in der Wand und der Decke des Abfangebauwerks infolge direkter Last aus dem Pfeiler 70 sollen in den Viadukt im Vorwege eingeprägt werden.

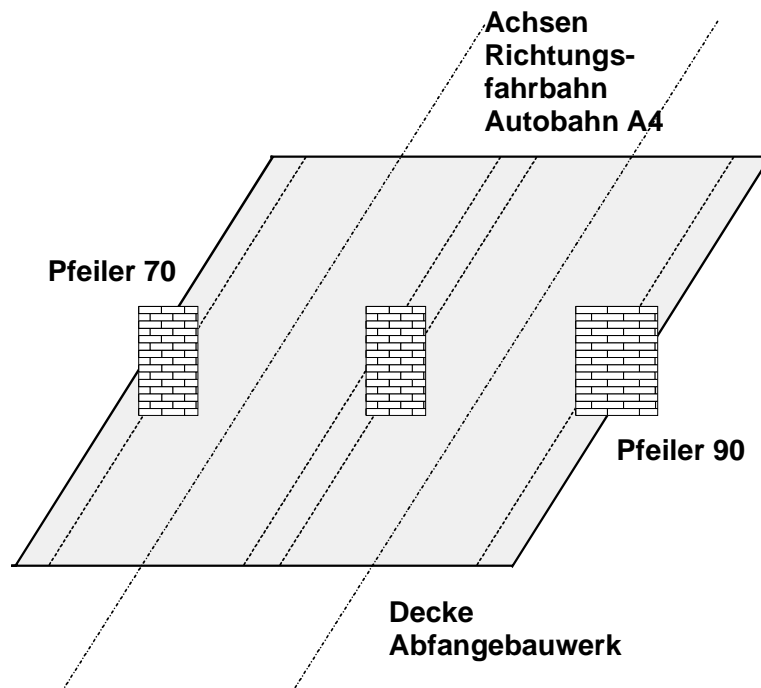


Bild 9.11: Schematische Darstellung der Lage der Pfeiler 70 bis 90 auf der Decke des Abfangebauwerks.

Die Zahlenwerte im Bild 9.10 für die schiefe Hebung sind einem Protokoll [B19] der Baubesprechung mit der DEGES, dem EBA, der Deutsche Bahn AG, dem Prüfenieur, der Baufirma Ed. Züblin und der Bung AG entnommen.

Bild 9.11 zeigt in einer skizzenhaften Übersicht die Lage der A4, die Decke des Abfangebauwerks und die Lage der Pfeiler 70 bis 90. Gut zu sehen ist, dass die Pfeiler 70 und 90 einen Teil ihrer Lasten auf die Decke des

Abfangebauwerks abgeben müssen. Die zu erwartenden Verformungen der Decke infolge Pfeilerlast sind größer als die zu erwartenden Verformungen der Wand des Abfangebauwerks. Daher sind auch die einzuprägenden Verformungen für den Pfeiler 70 für den "Deckenbereich" größer ($z = 3,03 \text{ mm}$) als die einzuprägenden Verformungen für den "Wandbereich" ($z = 1,25 \text{ mm}$) [Z1/2].

In Bild 9.12 sind die Messwerte für den Pfeiler 70 den FE-Berechnungen gegenübergestellt. Die Aufsummierung der Knotenkräfte im horizontalen Schnitt nach Bild 8.11 stellt das FE-Ergebnis für den Lastfall Eigengewicht dar. Die Abweichung zur gemessenen Pressenkraft von 27.244 kN ist mit 27.255 kN minimal. Bei der im März 2003 erfolgten Hebung des Pfeilers 70 wurde eine mittlere Pressenkraft von 28.430 kN gemessen. Die FE-Berechnung liefert für diese Hebung eine Kraft von 27.765 kN, die Abweichung beträgt somit 2,3 %, bezogen auf die mittlere Pfeiler-70-Pressenkraft. In Bild 9.12 sind die Ergebnisse der FE-Berechnung und die gemessenen Pressenkräfte in einem Diagramm gegenübergestellt. Der Sprung in der Darstellung der roten Linie stellt die Messwerte für die Pfeilerhebung am 10.03.03 und 11.03.03 dar. Im Vergleich dazu sind in grüner und grauer Farbe die Ergebnisse der FE-Berechnung dargestellt.

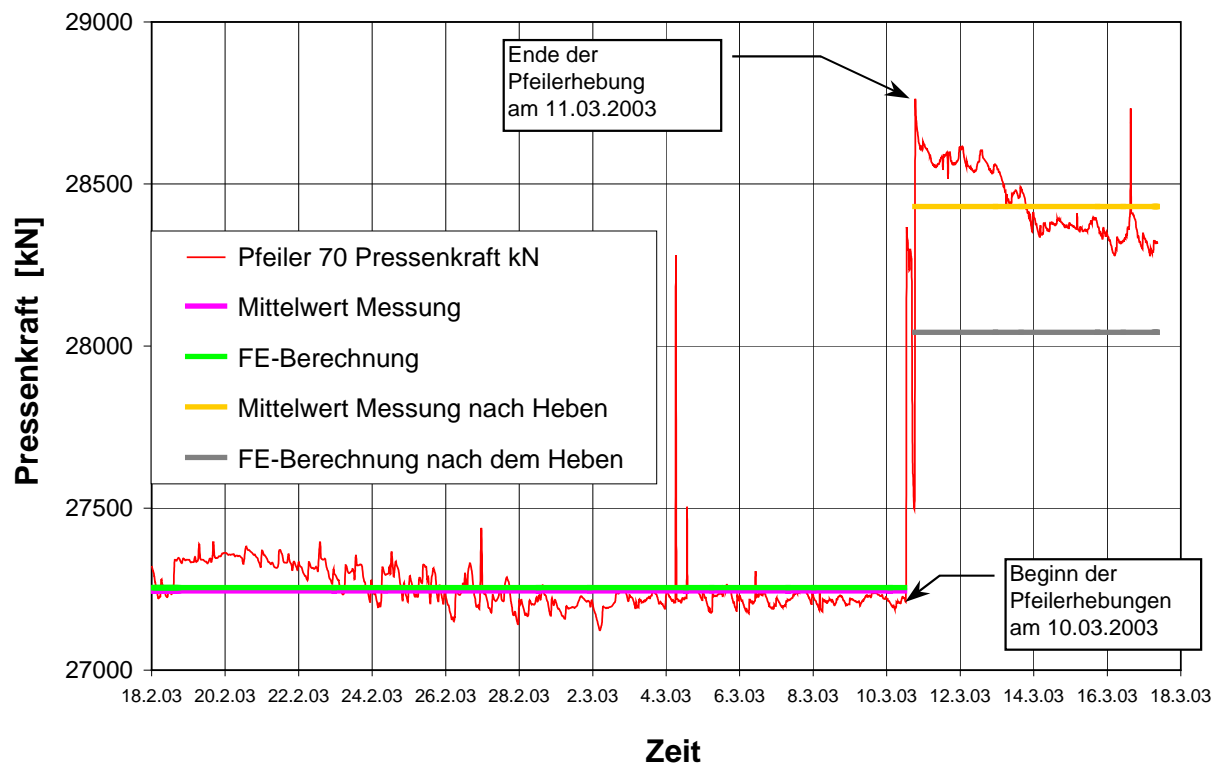


Bild 9.12: Grafische Darstellung der Pfeiler 70 Kräfte im Horizontalschnitt oberhalb der Abfangebene infolge Eigengewicht zu verschiedenen Zeiten. Gegenübergestellt sind die Messwerte des Systems Solexpert (gemessen am Bauwerk) und die FE-Ergebnisse mit den jeweiligen Lastfällen.

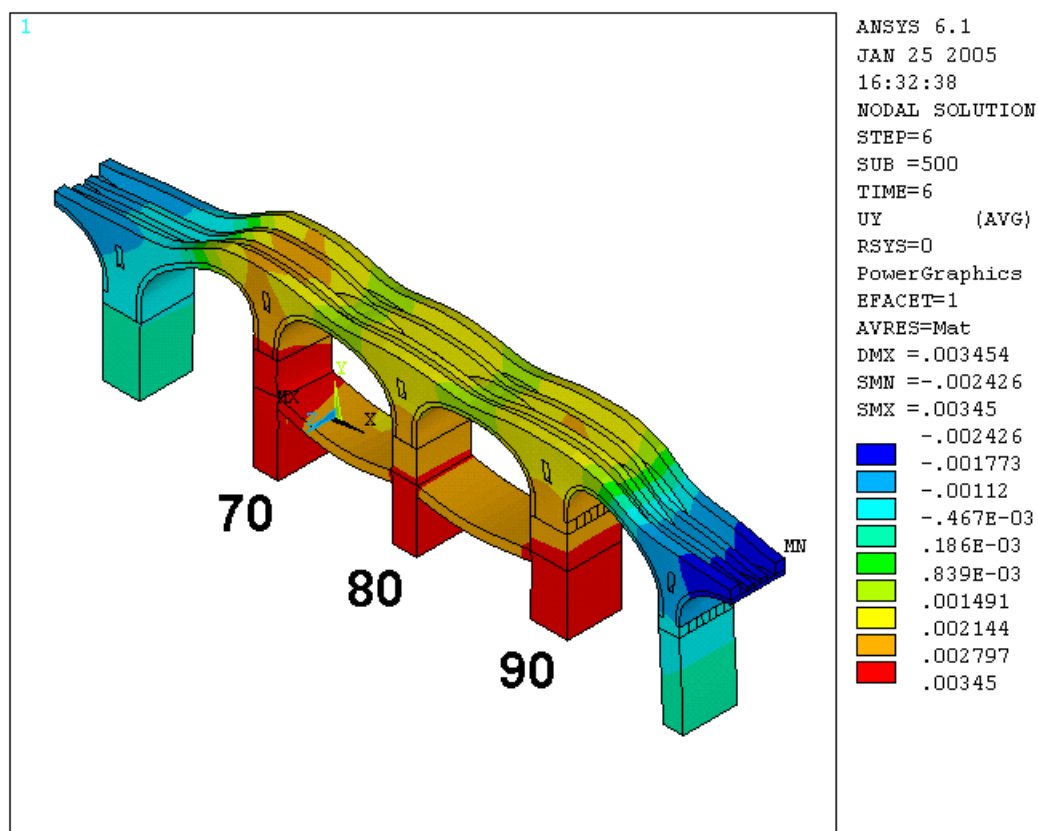


Bild 9.13: Isometrische Darstellung der Verformungen [m] in vertikaler Richtung infolge Eigengewicht und schiefen Hebens Pfeiler 70. Pfeiler 70 bis 90 sind bereits ein Stück gerade angehoben worden.

Bild 9.13 zeigt in einer Isometrie die Darstellung der vertikalen Verformungen [m] für den Lastfall Eigengewicht, zentrisches Heben der Pfeiler 70 bis 90 und zusätzlich schiefes Heben des Pfeiler 70. Die zentrische Hebung der Pfeiler 70 bis 90 diente der Kompensation der Setzungsdifferenzen zu den Pfeilern 10 bis 60 und 100 bis 140; die schiefe Hebung diente dem Ausgleich der Setzung durch die nicht zentrische Lagerung der abgefangenen Pfeiler.

Pfeiler 80 wird in dieser Gegenüberstellung nicht betrachtet, weil er sich mittig über der Mittelwand des Abfangebauwerks befindet und bei dem Hebevorgang nur gerade angehoben wurde.

9.2.3 Modellberechnung, Lastfall Eigengewicht und Heben Pfeiler 90

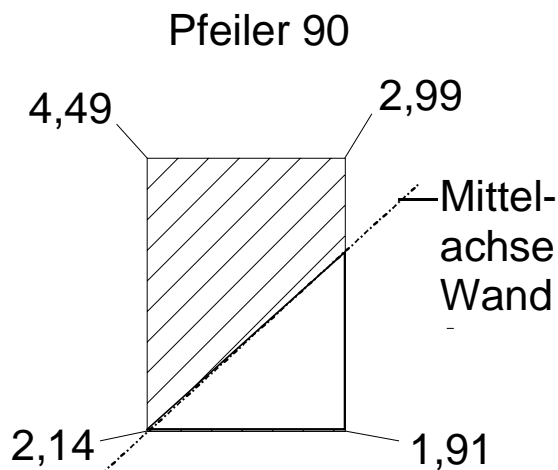


Bild 9.14: Schematische Darstellung der Ordinaten der Hebung [mm] für Pfeiler 90.

Eine vergleichende FE-Berechnung ist auch für das Heben des Pfeilers 90 durchgeführt worden. Dieser Pfeiler musste auch schief angehoben werden, da sich nur ein Teil des Pfeilers 90, ähnlich wie bei Pfeiler 70, auf die Decke des Abfangebauwerks abstützt (siehe. Bild 9.11).

Bild 9.14 zeigt die erforderlichen Hebewerte für den Pfeiler 90, um die Lage "Null" wieder zu erreichen. Im Bereich der Decke des Abfangebauwerks musste der Pfeiler 90 bis zu

4,49 mm angehoben werden. Auf Bild 9.15 sind die Messwerte für Pfeiler 90 den FE-Berechnungen gegenübergestellt. Die Aufsummierung der Knotenkräfte im horizontalen Schnitt stellt das FE-Ergebnis für den Lastfall Eigengewicht dar. Die Abweichung zwischen Messung (Mittelwert 33.296 kN) und Berechnung (32.873 kN) beträgt 1,2 %.

Bei der im März erfolgten Hebung des Pfeiler 90 wurde eine mittlere Pfeiler-90-Pressenkraft von 34.009 kN gemessen, die FE-Berechnung liefert für das Heben eine Kraft von 33.518 kN, die Abweichung beträgt 1,5 %. Die Hebekraft von 713 kN zu 607 kN weicht um 67 kN ab.

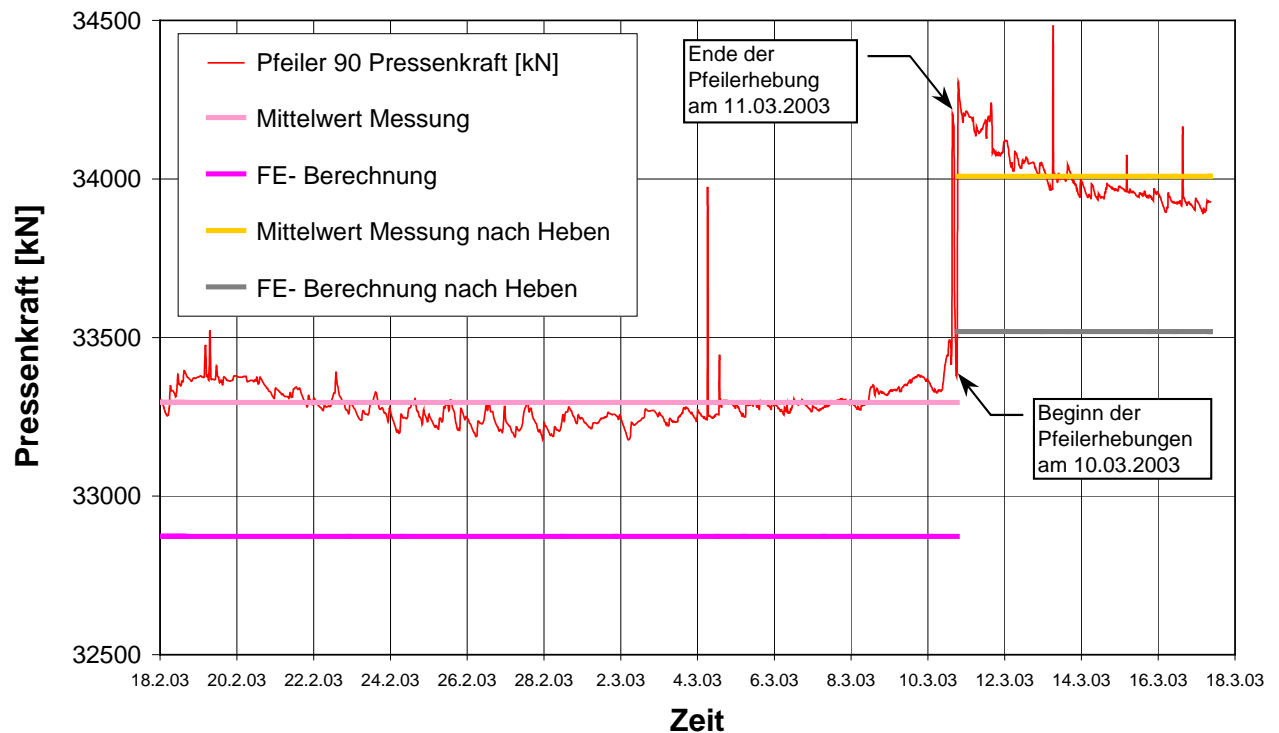


Bild 9.15: Grafische Darstellung der Pfeiler 90 Kräfte im Horizontalschnitt oberhalb der Abfangebene infolge Eigengewicht zu verschiedenen Zeiten. Gegenübergestellt sind die Messwerte des Systems Solexpert (gemessen am Bauwerk) und die FE-Ergebnisse mit den jeweiligen Lastfällen.

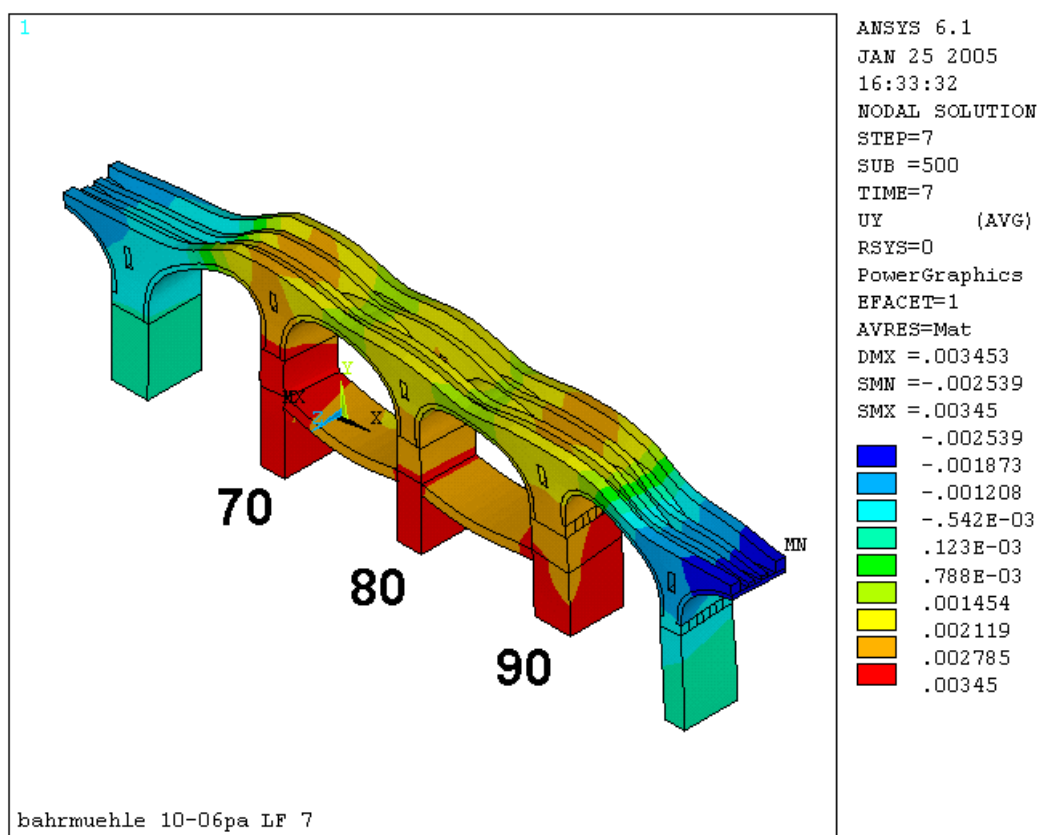


Bild 9.16: Isometrische Darstellung der Verformungen [m] in vertikaler Richtung infolge Eigengewicht und schiefen Hebens Pfeiler 70 und 90. Pfeiler 70 bis 90 sind bereits ein Stück gerade angehoben worden.

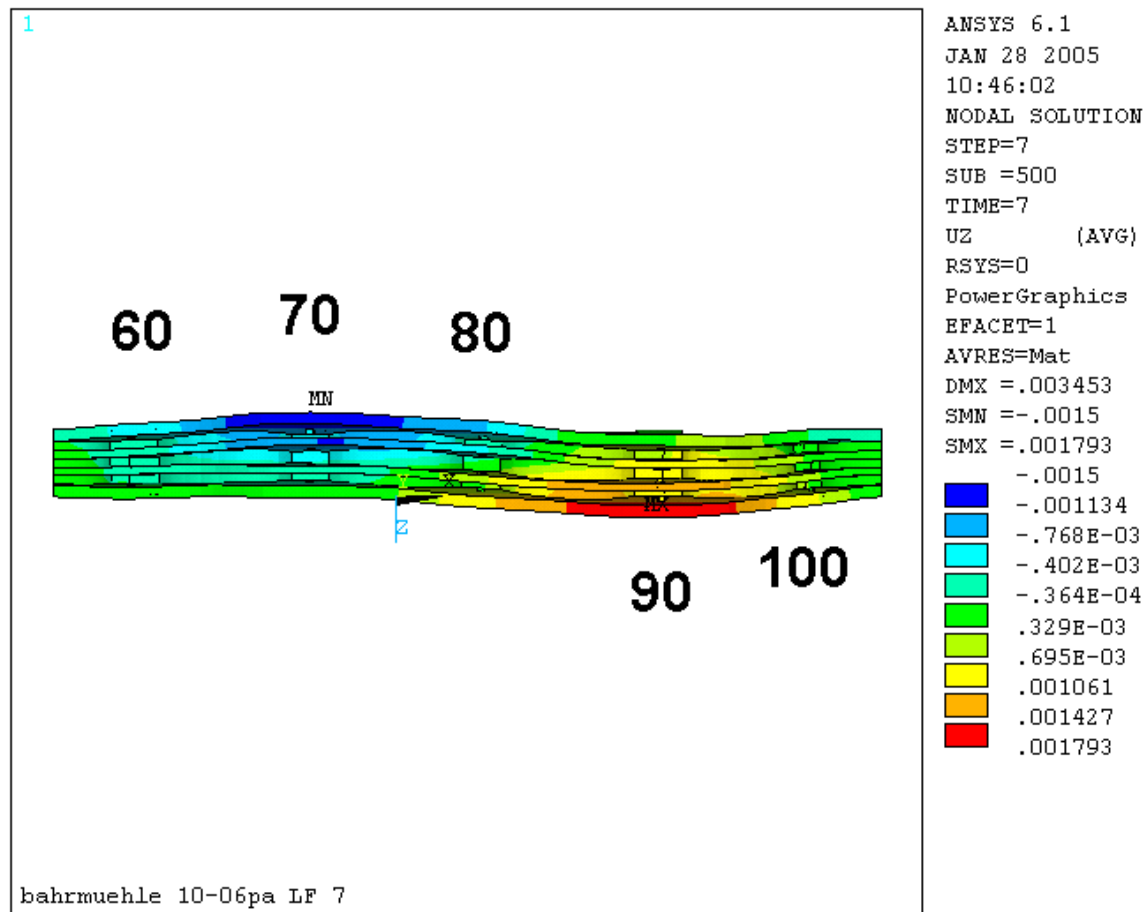


Bild 9.17: Isometrische Darstellung der Verformungen [m] in horizontaler Richtung infolge Eigengewicht und schiefes Heben Pfeiler 70 und 90.

Bild 9.16 und Bild 9.17 zeigt in einer stark überhöhten Darstellung die Verformungen des Viaduktes in vertikaler und horizontaler Richtung infolge des Hebens der Pfeiler 70, 80 und 90.

Auf Bild 9.17 sind die Verformungen aus der Symmetrie-Längsachse in horizontaler Richtung wiedergegeben. Die unterschiedlichen Hebungen führen somit, wie auf Bild 8.18 zu sehen, auch zu Verformungen in horizontaler Richtung. Dies ist auf die schiefe Lagerung der Pfeiler 70 und Pfeiler 90 zurück zu führen (siehe Bild 9.11). Die Lasten der Pfeiler 70 und 90 werden zum Teil von der Decke des Abfangebauwerks aufgenommen; vertikale Verformungen in der Decke aus der Last der Pfeiler 70 und 90 führen somit zu horizontalen Verformungen im Viadukt. Endziel des "schiefen" Hebens der Pfeiler 70 und 90 ist, wie schon erwähnt (für $t \Rightarrow \infty$), dass der Viadukt zum Zeitpunkt $t \Rightarrow \infty$ wieder eine ideale Linienführung einnimmt.

Die Darstellung in Bild 9.17 zeigt diese horizontale Vorverformung. Zu betonen ist also, dass diese Verformungen (im Bild 9.17 für den Pfeiler 70 nach "oben" dargestellt) allmäh-

lich wieder zurück gehen. Gleiches gilt für die horizontalen Verformungen für den Pfeiler 90, im Bild 9.17 nach "unten" dargestellt.

Bild 9.18 zeigt die Hauptspannungen im Scheitel des Gewölbes im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80 infolge Eigengewicht und Heben der Pfeiler 70, 80 und 90. Zu erkennen ist, dass im Scheitel des Gewölbes im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80 im gesamten Querschnitt keine Zugspannungen auftreten. Die größte Druckspannung von $-1.078 \text{ kN/m}^2 = -1,08 \text{ MN/m}^2$ ist an der Oberkante der Spandrilwand festzustellen. Die kleinste Druckspannung von $-14,4 \text{ kN/m}^2 = -0,014 \text{ MN/m}^2$ tritt an der Unterseite im Gewölbe in der Außenaufmauerung auf. Von großer Bedeutung dabei ist, dass der Querschnitt unter den aufgegebenen Belastungen nicht aufreißt; im gesamten Querschnitt treten keine Zugspannungen auf.

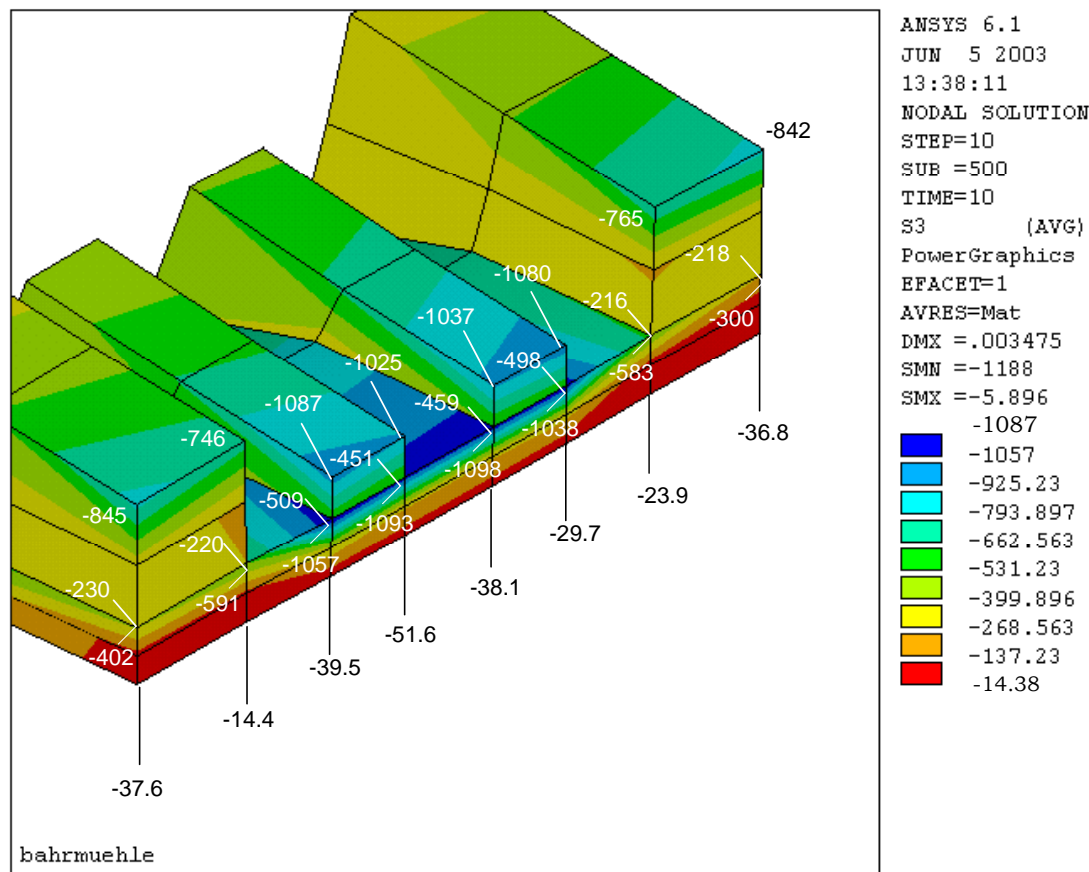


Bild 9.18: Isometrische Darstellung der Hauptspannungen [kN/m²] im Scheitel des Gewölbes im Feld zwischen Pfeiler 70 und 80 infolge Eigengewicht und Heben der Pfeiler 70, 80 und 90.

9.2.4 Vergleich der Ergebnisse der FE-Berechnung

Am Bauwerk sind unabhängig voneinander zwei Mess-Systeme installiert, mit denen Verformungen in vertikaler Richtung bestimmt werden können.

Zur Validierung der FE-Berechnungsergebnisse wurden nach dem Heben der Pfeiler 70, 80 und 90 die Kräfte in einem Horizontalschnitt in den Pfeilern 70 und 90 ermittelt.

Die FE-Ergebnisse wurden mit den Mittelwerten der Kraftmessdosen vor Ort verglichen.

Am Pfeiler 70 gab es eine fast 100 %ige Übereinstimmung vor dem Heben. Nachdem der Hebevorgang abgeschlossen wurde, zeigte die FE-Berechnung eine 98,8 %ige Übereinstimmung.

Die Vergleiche zeigen, dass die FE - Berechnungen für Eigenlast und Zwang infolge unsymmetrischer Lasteinleitung in den Viadukt eine fast 100 %ige Übereinstimmung mit den Messwerten liefert.

9.3 Zusammenfassung

Die FE-Berechnung am verkürzten Modell des Viaduktes wurde mit Messwerten verglichen, die am Viadukt mit unterschiedlichen Mess-Systemen aufgezeichnet wurden. Bestimmt wurden Verformungen am Bauwerk infolge Temperatur sowie Kräfte infolge unsymmetrischer Lasten in den Pfeilern 70 bis 90.

Der Vergleich der Messergebnisse mit den Ergebnissen der FE-Berechnung zeigt beim Vergleich der "Haltekräfte" im Pfeiler 70 keine Abweichung bis zu einer maximalen Abweichung der Ergebnisse voneinander von 29 % bei einer Temperaturänderung im Viadukt von 10 °C. Bei dieser Abweichung von 29 % beträgt der Verformungsunterschied zur Messung absolut jedoch nur 0,45 mm.

Der Vergleich zeigt, dass das angewendete Materialgesetz sowie auch das "verkleinerte" FE-System gut bis hervorragend geeignet ist, die Bauzustände im Viadukt rechnerisch so wiederzugeben wie sie tatsächlich auftreten.

Das wirkliche Tragverhalten des Viaduktes kann mit Hilfe der FE-Methode, den wirklichkeitsnahen Steifigkeiten der Mauerwerksmaterialien, umgesetzt in ein Materialgesetz, und der Makromodellierung des Viaduktes sehr gut beschrieben werden.

10. Berechnungen mit ebenem Stabwerksprogramm

Gewölbetragwerke werden heute in der Praxis teilweise noch mit ebenen Stabwerksprogrammen berechnet. In der vorliegenden Arbeit wird zusätzlich zur FE-Analyse eine Berechnung mit einem einfachen, praxisüblichen, ebenen Stabwerksprogramm durchgeführt. Zu untersuchen bzw. zu zeigen ist, inwieweit sich die heute noch üblichen Verfahren eignen, Spannungen und Verformungen in Gewölbetragwerken hinreichend genau nachzuweisen.

10.1 Einfaches Gewölbetragwerk

Die Berechnung der Schnittgrößen im Viadukt, u.a. infolge Eigengewicht, ist an einem einfachen, beidseitig eingespannten, ebenen Gewölbetragwerk durchgeführt worden. Bild 10.1 zeigt das in der Berechnung verwendete vereinfachte System. Das Eigengewicht (Einzellast auf die Knoten, vgl. Bild 10.1) wurde ermittelt aus dem Eigengewicht des Gewölbes, dem Eigengewicht der Aufbauten (Außen- und Spandrillwand), den Sandstein-Abdeckplatten und dem Eisenbahnschotteroberbau.

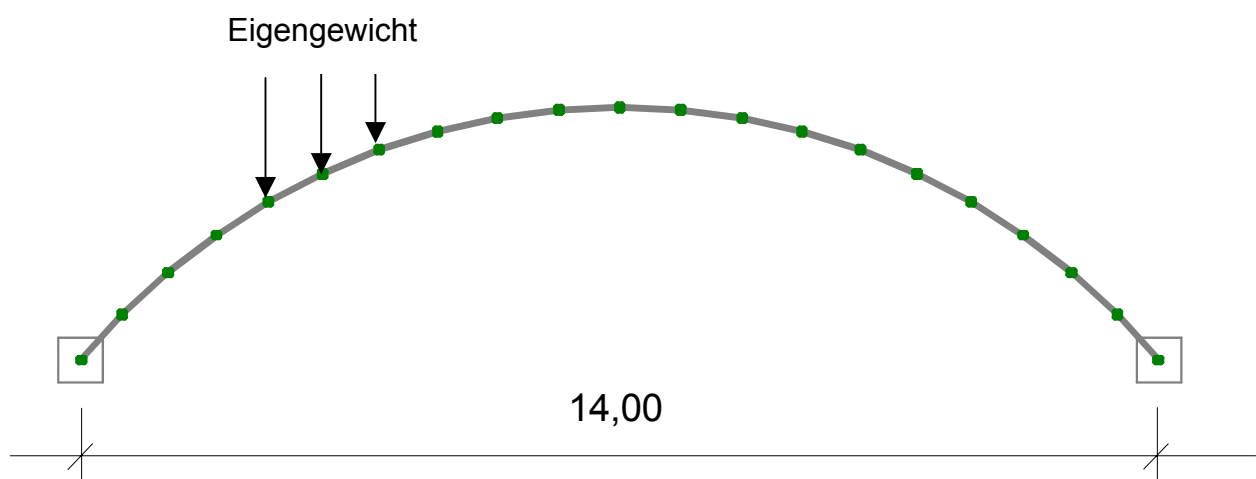


Bild 10.1: Gewölbetragwerk für die ebene Ermittlung der Schnittgrößen.

Die Querschnittsgliederung in Außenwand-, Spandrillwand- und Gewölbebereiche kann durch die vereinfachte ebene Berechnung nicht erfasst werden. Ein Vergleich der Stabwerksberechnung mit der FE-Berechnung wird für den Randbereich des Viaduktes durchgeführt.

Bild 10.2 zeigt in einem Vergleich die Mauerwerksspannungen im Gewölbe für die Berechnung mit dem ebenen Stabwerkprogramm (linke Grafik) und für die FE-Berechnung (rechte Grafik). Verglichen werden die Ergebnisse der Spannungsberechnung für den Punkt 1 (Punkt 1 liegt im Bereich des Kämpfers), den Viertelpunkt des Gewölbes, den Punkt 3 (Punkt 3 liegt in der Mitte zwischen Viertelpunkt und dem Scheitel, $3/8$ Punkt) und den Scheitelpunkt.

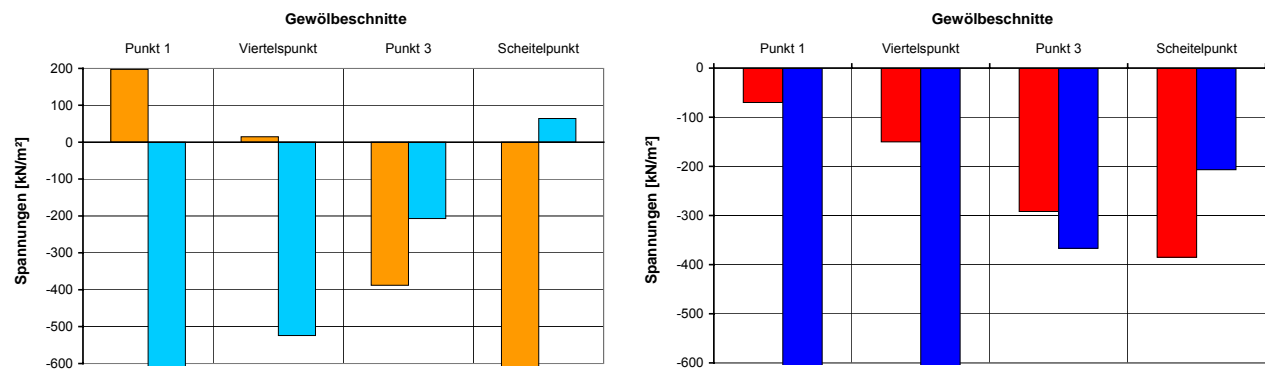


Bild 10.2: Grafische Darstellung der min./max. Spannungen im Gewölbe (Kämpferbereich, Punkt 1, bis Scheitelpunkt, Scheitelpunkt) infolge Eigengewichts für das ebene Stabwerkssystem (linke Graphik σ_{oben} , σ_{unten}) und für das FE-System (rechte Graphik σ_{oben} , σ_{unten}). Die Aufmauerung ist bei dem Stabwerkssystem nur als Last berücksichtigt.

Die Ergebnisse in Bild 10.2 für die gewählten Schnitte (Kämpferbereich, Viertelpunkt und Scheitelpunkt) weichen stark voneinander ab. Der deutliche Unterschied der Stabwerksergebnisse zu den FE-Ergebnissen kann einerseits durch die fehlende Berücksichtigung der Plattentragwirkung des Gewölbes und andererseits durch die fehlende Berücksichtigung der Scheibentragwirkung der Aufbauten in der Stabwerksberechnung erklärt werden.

Die Verformungsberechnung an beiden Systemen infolge Eigengewichts des Viaduktes liefert im Scheitel des Stabwerkmodells ohne Berücksichtigung des Mittragens der Aufbauten in den Querschnittswerten eine Verformung von 1,0 mm.

Bei Berücksichtigung des Mittragens der Aufbauten in den Querschnittswerten (die unterschiedlichen Querschnittshöhen der Aufbauten vom Kämpfer- bis zum Scheitelpunkt werden in der Querschnittsberechnung berücksichtigt) berechnet das Stabwerkmodell eine Scheitelverformung von 0,2 mm.

Die FE-Berechnung, die im *Kapitel 9* validiert wurde, weist Verformungen infolge Eigengewichts im Scheitelpunkt von 2,74 mm (vgl. Bild 9.2) auf.

10.2 Gewölbetragwerk mit mittragenden Aufbauten

Das vorstehende Kapitel zeigte, dass Berechnungen mit einem ebenen Stabwerksprogramm bei einer einfachen Gewölbemodellierung, bei dem die Aufbauten nur als Auflast ohne mittragende Wirkung angesetzt werden, nicht zu zufrieden stellenden Ergebnissen führt. Im Folgenden werden deshalb komplexere Modelle unter Berücksichtigung der tragenden Wirkung der Aufbauten entwickelt und auf ihre Eignung untersucht.

10.2.1 Ersatzmodell der Fuge zwischen Aufmauerung und Gewölbe

10.2.1.1 Allgemein

Bei der FE-Berechnung des Bahrmühlenviaduktes mit dem Makromodell mussten zusätzlich die besonderen Eigenschaften der Fuge zwischen Gewölbe und Aufmauerung in der Analyse berücksichtigt werden (*Kapitel 9* beschreibt die gewählte Vorgehensweise). Die besonderen Eigenschaften der Mörtelfuge werden im ebenen Stabwerk durch ein Stabwerk-Ersatzmodell berücksichtigt.

10.2.1.2 Ersatzmodell im ebenen Stabwerksprogramm

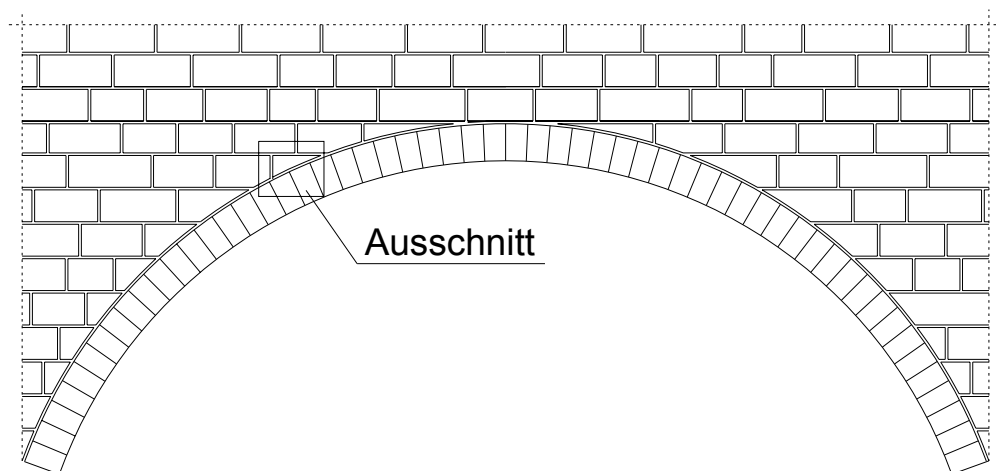


Bild 10.3: Ansicht eines Gewölbes mit Aufmauerung.

Die Mörtelfuge zwischen der Aufmauerung und dem Gewölbe wird aufgrund der Weiterleitung der Lasten aus dem Eisenbahnoberbau und den Aufmauerungen durch Schubspannungen beansprucht. Um die Tragwirkung der Mörtelfuge auch im Gewölbemodell zu

berücksichtigen, muss ein geeignetes System entwickelt werden. Bild 10.3 zeigt das Gewölbe mit der Mauerwerksaufmauerung als Skizze. Bild 10.4 zeigt einen Ausschnitt aus

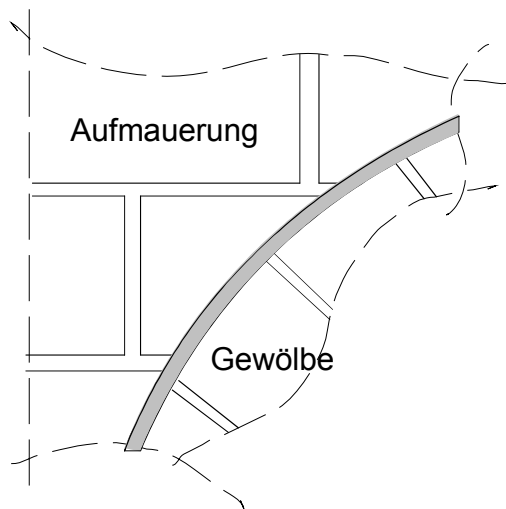


Bild 10.4: Ausschnitt vom Gewölbe und der Aufmauerung.

Bild 10.3. Die Mörtelfuge zwischen Gewölbe und Aufmauerung ist zur besseren Kennzeichnung grau unterlegt.

Im neu zu entwickelnden Modell wird die Mörtelfuge durch ein System aus Dehnstäben ersetzt, die vertikal und horizontal angeordnet werden. Bild 10.5 zeigt dieses Modell als Stabwerksystem. Die Mörtelfuge wird hier als ein 1,00 m breites Stabwerk mit 5,0 cm Dicke betrachtet. Die vertikal angeordneten Dehnstäbe

S1 und S2 übertragen die senkrechten Lasten aus dem Oberbau und der Aufmauerung.

Die Stäbe sind gelenkig an die Unter- und Obergurtstäbe S6 bis S9 angeschlossen. Die Stäbe S3 und S4 sind biegesteif mit dem Unter- und dem Obergurt (S6 bis S9) verbunden. Horizontal wird der Dehnstab S5 gelenkig an die Stäbe S3 und S4 angeschlossen, so dass horizontale Lasten über den Dehnstab S5 abgetragen werden können. Die Stäbe S3 und S4 werden so steif ausgebildet, dass praktisch keine Verformungen infolge Last auftreten.

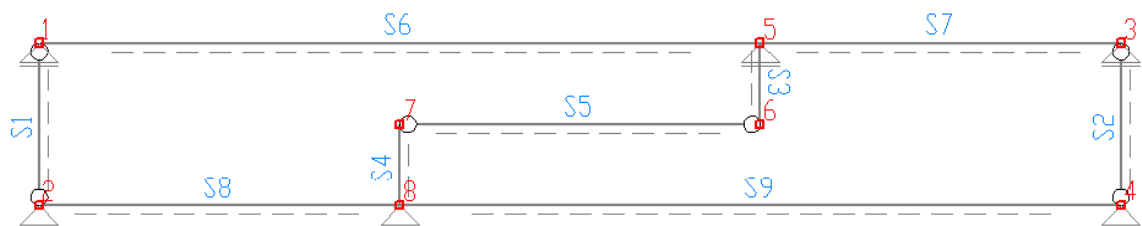


Bild 10.5: Modell aus vertikalen und horizontalen Stäben mit Angabe der Stabnummerierung.

Mit dem ebenen Stabwerksprogramm „Stab 2D“ [R8] kann die Fuge wie folgt durch ein Stabwerk generiert werden: Das Gewölbe (die Untergrurstäbe S8 und S9) wird durch je einen Stab mit der gemittelten Höhe des Gewölbes von 70 cm dargestellt.

Die Aufmauerung (die Obergurtstäbe S6 und S7) wird durch je einen Stab mit der Höhe der Aufmauerung im Gewölbescheitel von 50 cm abgebildet. Am linken und rechten Rand des Modells wird je ein Pendelstab (die Stabpfosten S1 und S2) mit einer Breite von 100,0 cm und einer Dicke von 50,0 cm eingebaut – das entspricht der halben Länge der

Fuge. Die Pfosten haben je eine Höhe von 5,0 cm – das entspricht der ungefähren Dicke der Mörtelfuge.

Die Tiefe des Modells beträgt 1,00 m. Die Pfosten S1 und S2 sind als Pendelstäbe ausgebildet und beeinflussen so eine horizontale Verschiebung des Modells nicht, aber sie vermeiden ein Zusammendrücken der Fuge.

Die Elastizität des Mörtels in horizontaler Richtung wird durch den Dehnstab S5 (in der Mitte des Modells) beschrieben. Damit sich der Stab S5 ungehindert verformen kann, ist er gelenkig an den zwei starren Stäben S3 und S4 befestigt. Die Stäbe S3 und S4 erhalten eine große Biegesteifigkeit, sie halten den horizontalen Dehnstab S5 fest, verhindern aber nicht seine Dehnung oder Stauchung.

Die Stäbe S3 und S4 sind in den Drittelpunkten befestigt, so dass der Dehnstab S5 genau 1/3 der Länge des Stabmodells aufweist (0,3333 m).

10.2.1.3 Materialwerte für das Ersatz-Stabmodell

Die Materialwerte für das Gewölbe und die Aufmauerung aus Mauerwerk werden dem Gutachten über das Bahrmühlenmauerwerk [G10/11/12] entnommen.

10.2.1.3.1 Materialwerte für den Dehnstab S5

Die Querschnittswerte und die Materialwerte für den Dehnstab S5 werden in einer Nebenrechnung ermittelt.

Die Dehnung des Stabes und die Spannungen im Dehnstab S5, der den Mörtel simuliert, lassen sich für einen Hook'schen Werkstoff wie folgt berechnen:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E \quad \text{und} \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad \Delta l = \frac{\sigma \cdot l}{E} \quad (10.1)$$

Die Federsteifigkeit des Dehnstabes S5 lässt sich wie folgt berechnen:

$$C_{\text{Stab}} = \frac{F}{w_{\text{Stab}}} \quad \text{mit } F = 100 \text{ kN und } w_{\text{Stab}} \text{ aus } \Delta l \quad (10.2)$$

Die Querschnittsfläche, die der Dehnstab Stab S5 im Modell erhalten muss, um die Spannungen von 0,1 bis 0,3 MN/m² einzuhalten, beträgt:

$$A_{\text{Stab}} = \frac{C_{\text{stab}} \cdot I_{\text{Stab}}}{E_{\text{Mörtel}}} \quad (10.3)$$

Für verschiedene zulässigen Schubspannungen im Mörtel ergeben sich verschiedene Federsteifigkeiten von (Gleichung 10.2):

$$C_{(\sigma=0,1\text{MN/m}^2)} = \frac{0,1}{3,333 \cdot 10^{-5}} = 3.000 \text{ MN/m}^2.$$

Die entsprechend anzusetzenden Flächen sind (Gleichung 10.3):

$$A_{(\sigma=0,1\text{MN/m}^2)} = \frac{3.000 \cdot 0,3333}{1.000} = 1,0000 \text{ m}^2.$$

Durch die Variation der Größe der Fläche des Dehnstabes S5 können in dem Modell die unterschiedlichen Festigkeiten des Fugenmörtels im Bauwerk simuliert werden.

Aus der Differenz der horizontalen Knotenverschiebungen der Knoten 6 und 7 kann die Dehnung des Stabes S5 ermittelt werden.

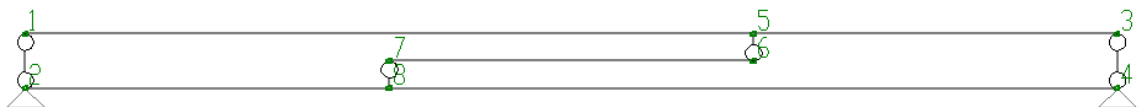


Bild 10.6: Modell aus vertikalen und horizontalen Stäben mit Angabe der Knotennummerierung.

10.2.2 2D-Stabmodelle

10.2.2.1 Stabwerksmodell mit linearem Materialgesetz

Bild 10.7 zeigt das 2D-Modell mit der Modellierung der Mörtelfuge in der Ansicht und im Detailausschnitt.

Stab 1 bis 28 bilden das untere Gewölbe des Stabmodells, sie modellieren das reale Gewölbe. Stab 14 und 15 liegen im Gewölbescheitel.

Darüber wird aus senkrechten Stäben (Stab 80 bis 94) und waagerechten Stäben (Stab 141 bis 154) das Mörtelmodell eingefügt.

Stab 41 bis 68 bilden das obere Gewölbe des Stabmodells, sie modellieren die Aufmauerung.

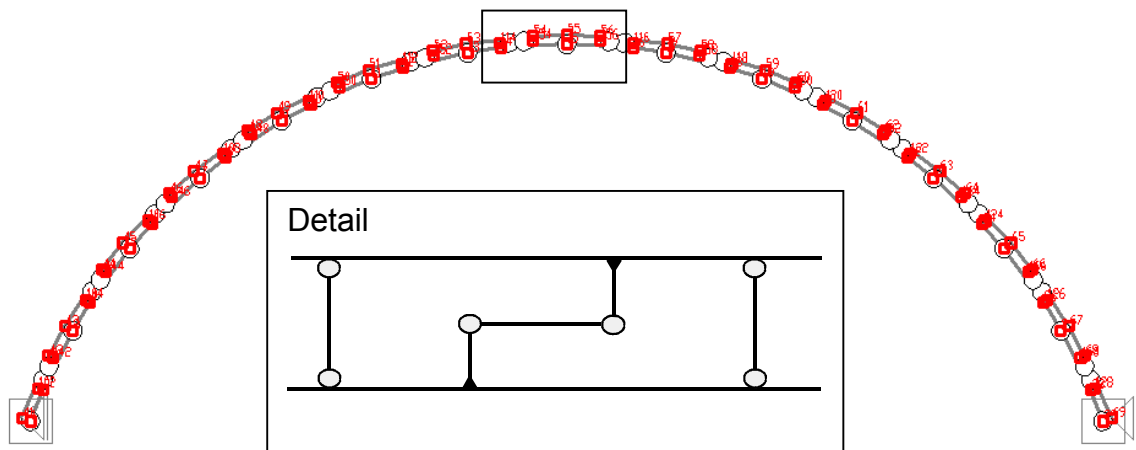


Bild 10.7: 2D-Modell mit innenliegender Mörtelfuge.

10.2.2.2 Querschnitts- und Materialwerte

Die Querschnittswerte des unteren Gewölbes wurden mit einer konstant über das Gewölbe verlaufenden Höhe von $h = 70 \text{ cm}$ und einer halben Gewölbebreite von $b = 4,225 \text{ m}$ festgelegt. Der E-Modul des Gewölbemauerwerks wurden mit $E_{MW} = 12.000 \text{ MN/m}^2$ angenommen.

Das obere Gewölbe wurde aus abschnittsweise konstant hohen Querschnitten der Mauerwerksaufmauerung gebildet. Die Aufmauerung hat im Scheitelpunkt eine Höhe von $h = 1,50 \text{ m}$ und im Kämpferbereich eine Höhe von $h = 7,28 \text{ m}$. Der E-Modul der Aufmauerung wurden mit $E_{MW} = 4.800 \text{ MN/m}^2$ angenommen.

Für den Dehnstab wurde ein E – Modul von $E_{Fuge} = 1.000 \text{ MN/m}^2$ gewählt. Die zugehörige Querschnittsfläche wurde von $A_{Fuge} = 1,52 \text{ m}^2$ (entspricht $\tau_{Mörtel} = 0,3 \text{ MN/m}^2$, ermittelt in einer Nachlaufberechnung) bis $A_{Fuge} = 0,152 \text{ m}^2$ (entspricht $\tau_{Mörtel} = 0,1 \text{ MN/m}^2$, ermittelt in einer Nachlaufberechnung) variiert.

10.2.2.3 Ergebnisse der linearen Berechnung mit dem ebenen Stabwerk

Für einfache Viadukte mit nicht mittragenden Aufbauten stellt die Berechnung mit einem ebenen Stabwerk eine zulässige und einfach zu handhabende Lösung dar. Sollen bei einem Viadukt jedoch die Aufbauten als mittragend berücksichtigt werden, ist es auch bei der statischen Berechnung mit einem ebenen Stabwerk notwendig, die Kraftübertragung in die Aufbauten zu modellieren. Der Einfluss der von der Mörtelfuge übertragbaren Kräfte vom Gewölbe zu den mittragenden Aufbauten kann mit Hilfe des in diesem Kapitel dargestellten Federmodells berücksichtigt werden. Im Scheitelpunkt liefert diese Berechnungsform für Spannungen und Verformungen ausreichende gute Ergebnisse, nicht jedoch in den Viertelpunkten und im Kämpferbereich.

Der Vergleich der Berechnungen mit dem modifizierten ebenen Stabwerk und dem Makromodell des FE-Programms belegt diese Feststellung:

Die Spannungen im Scheitelpunkt werden ähnlich groß errechnet wie bei dem FE-Modell. Die Abweichungen der Spannungen im Mauerwerk zu den berechneten Spannungen im Mauerwerk aus der FE-Berechnung betragen am oberen Rand 22 % des Gewölbes und am unteren Rand 10 %. Der Vergleich zeigt somit eine ausreichende Übereinstimmung.

Im Viertelpunkt und im Kämpferbereich des Gewölbes liegen Abweichungen zu der FE-Berechnung von über 100 % vor. Die Ergebnisse einer Stabwerksberechnung für diese Bereiche können für die Beurteilung des Tragwerks nicht genutzt werden, so dass diese Bereiche mit finiten Elementen berechnet werden müssen, um sie ausreichend genau beurteilen zu können. Aufgrund der großen Abweichungen der Ergebnisse zu den FE-Ergebnissen wird auf eine weitere Berechnung, z.B. mit UIC 71 Lastbild, verzichtet.

10.2.2.4 Stabwerksmodell mit nichtlinearem Materialgesetz

Wegen der trotz mitwirkender Aufbauten nur teilweise zufrieden stellenden Ergebnisse der Berechnung des Viadukts mit einem Stabwerksmodell mit linearem Materialgesetz, wird im Folgenden die Untersuchung auf die Anwendung eines nichtlinearen Materialgesetzes ausgedehnt.

Mit Hilfe des ebenen Stabwerkprogramms "Stab-2D nichtlinear" [P8] wird ein Modell für die Berechnung eines Mauerwerksgewölbes erstellt. In dem Programm können verschiedene nichtlineare Mauerwerks-Materialgesetze (für Gewölbe-, Aufmauerungsmauerwerk

und Mörtelfuge) berücksichtigt werden. Die zusätzliche Berücksichtigung der nichtlinearen Materialgesetze für das Mauerwerk und im Besonderen für die Mörtelfuge sollen erweisen, ob mit einem nichtlinearen Stabwerksprogramm eine hinreichende Übereinstimmung mit den FE-Berechnungen erzielbar ist.

10.2.2.5 Materialwerte

Definition Baustoffeigenschaften

Bezeichnung: (Parabel-Rechteck)
Gewölbemauerwerk

Lin-Elast. Parabel-Recht. Parabel (EC2) Polygon / Spline

Vereinfachte Parabel nach DIN 1045 (neu), zweiter Abschnitt waagrecht oder linear veränderlich

Mitwirkung der gerissenen Betonzugzone nach /Quast/

☐ Definition wie MasQueW

Druck

Spannung bei Erreichen der Fließgrenze in N/mm²: -10.8

Dehnung bei Erreichen der Fließgrenze in mm/m: -0.9

Exponent k (bestimmt die Völligkeit der Parabel): 1

E-Modul im KS-Ursprung in [N/mm²]: 12000

Spannung Sigma.2: -13.7

Dehnung eps.2: -3

E-Modul im 2. Abschnitt in [N/mm²]: 1381

Zug

Spannung bei Erreichen der Fließgrenze in N/mm²: 0.09

Dehnung bei Erreichen der Fließgrenze in mm/m: 0.0075

Exponent k (bestimmt die Völligkeit der Parabel): 1

E-Modul im KS-Ursprung in [N/mm²]: 12000

Spannung Sigma.2: 0.15

Dehnung eps.2: 2

E-Modul im 2. Abschnitt in [N/mm²]: 30

Mitwirkung des Betons auf Zug

Wertetabelle

Bild

OK

Abbrechen

Bild 10.8: Materialwerte für das Gewölbemauerwerk.

Für das Gewölbe-, das Aufmauerungsmauerwerk und die Mörtelfuge werden im Programm unterschiedliche Materialeigenschaften berücksichtigt.

Bild 10.8 zeigt die Baustoffeigenschaften für das Gewölbemauerwerk.

Der E-Modul des Gewölbemauerwerks wurde mit $E_{MW} = 12.000 \text{ MN/m}^2$ angenommen.

Die maximale Druckfestigkeit wurde mit $-10,8 \text{ MN/m}^2$ festgelegt. Die zugehörige Stauchung beträgt $-3,0 \%$. Die Zugfestigkeit wurde zu $0,09 \text{ MN/m}^2$ angenommen.

10.2.2.6 Ergebnisse der Modellberechnung, LF Eigengewicht

Die Ergebnisse der nichtlinearen EDV-Berechnung mit dem Stabwerksprogramm sind der Anlage AA zu entnehmen.

Exemplarisch sind für den Gewölbescheitel, das entspricht dem Bereich zwischen Stab 13 und 14, die Spannungen am unteren Rand berechnet worden. Bild 10.10 zeigt einen Ausschnitt aus dem Ergebnisprotokoll. Für den oberen Rand der Aufmauerung können die Spannungen am Stab 41 abgelesen werden.

Die Spannungen, hier exemplarisch für den Gewölbescheitel (Anfang Stab 14 für den unteren, Ende Stab 41 für den oberen Rand), werden vom Programm berechnet zu:

$$\sigma_{\text{oben}} = -0,315 \text{ MN/m}^2,$$

$$\sigma_{\text{unten}} = -0,163 \text{ MN/m}^2.$$

Die Spannungen im Scheitelbereich werden ähnlich groß errechnet wie beim FE-Modell, welches in *Kapitel 9* validiert wurde (-315 kN/m² [Stabwerk] zu -385 kN/m² [FEM] oberer Rand, -163 kN/m² [Stabwerk] zu -207 kN/m² [FEM] unterer Rand).

Die beim Stabwerksmodell berechneten Mauerwerksspannungen liegen somit am oberen Rand des Gewölbes um 18 % und am unteren Rand des Gewölbes um 21 % unter den mit finiten Elementen berechneten Werten.

13	Qz	12,47069589	12,46116508	12,46116508	1,08782581	12,47069589	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-396,26784400	-396,26814382	-396,26814382	1,08782581	-396,26784400	0,00000000
	Eps0	-0,03030512	-0,03030514	-0,03030514	1,08782581	-0,03030512	0,00000000
	D II	13075938,00004	13075938,00000	13075937,99998	0,70388729	13075938,00004	0,00000000
	My	5,02727990	18,58862210	5,02727990	0,00000000	18,58862210	1,08782581
	kz	0,00941256	0,03480343	0,00941256	0,00000000	0,03480343	1,08782581
	B II	534103,1744608	534103,1696641	534103,1680038	0,31994877	534103,1766288	0,12797951
	eps.o	0,00000000	-14,30195682	-0,04248634	1,08782581	0,00000000	0,00000000
	eps.u	0,00000000	1,690218+0185	-0,02701072	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.s.o	-6,62577740	-8,14923396	-8,14923396	1,08782581	-6,62577740	0,00000000
	s.s.u	-5,49626980	-3,97282241	-5,49626980	0,00000000	-3,97282241	1,08782581
	s.B.o	-0,30239564	-0,38237707	-0,38237707	1,08782581	-0,30239564	0,00000000
	s.B.u	-0,24309649	-0,16311546	-0,24309649	0,00000000	-0,16311546	1,08782581
14	Qz	-12,46116090	-12,47069169	-12,47069169	1,08782581	-12,46116090	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-396,26813772	-396,26783790	-396,26813772	0,00000000	-396,26783790	1,08782581
	Eps0	-0,03030514	-0,03030512	-0,03030514	0,00000000	-0,03030512	1,08782581
	D II	13075938,00001	13075937,99997	13075937,99997	0,38393852	13075938,00004	0,70388729
	My	18,58862199	5,02728434	5,02728434	1,08782581	18,58862199	0,00000000
	kz	0,03480343	0,00941257	0,00941257	1,08782581	0,03480343	0,00000000
	B II	534103,1693888	534103,1518119	534103,1518119	1,08782581	534103,1758507	0,95984631
	eps.o	0,00000000	-10,70587341	-0,04248634	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps.u	0,00000000	-1,016308+0273	-0,02701072	1,08782581	0,00000000	0,00000000
	s.s.o	-8,14923386	-6,62577780	-8,14923386	0,00000000	-6,62577780	1,08782581
	s.s.u	-3,97282232	-5,49626921	-5,49626921	1,08782581	-3,97282232	0,00000000
	s.B.o	-0,38237707	-0,30239566	-0,38237707	0,00000000	-0,30239566	1,08782581
	s.B.u	-0,16311546	-0,24309646	-0,24309646	1,08782581	-0,16311546	0,00000000

Bild 10.9: EDV-Ausdruck der Schnittgrößen Stab 13 und 14, Lastfall Eigengewicht.

Bild 10.10 zeigt den Vergleich der Spannungen im Mauerwerk aus der FE-Berechnung (in rot und blau dargestellt.) und der Berechnung mit dem 2D-Stabwerksmodell (in lila und hellblau dargestellt).

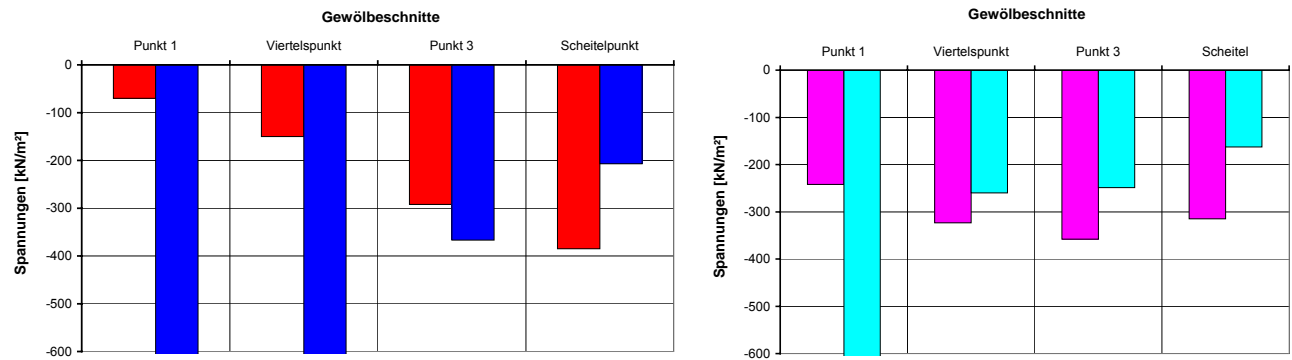


Bild 10.10: Graphische Darstellung der min./max. Spannungen im Gewölbe (Kämpferbereich, Punkt 1, bis Scheitelpunkt, Scheitelpunkt) infolge Eigengewicht für das FE-System (σ_{oben} , σ_{unten} linke Graphik) und für das ebene Stabwerkssystem (σ_{oben} , σ_{unten} rechte Graphik).

Die Mauerwerksspannungen im Scheitelpunkt werden im 2D-Stabwerksmodell ähnlich groß errechnet (-315 kN/m^2 [Stabwerk] zu -385 kN/m^2 [FEM] oberer Rand, -163 kN/m^2 [Stabwerk] zu -207 kN/m^2 [FEM] unterer Rand) wie im FE-Modell, die Abweichungen zu den FEM-Berechnungen betragen am oberen Rand 18 % und am unteren Rand im Gewölbe 21 %.

Die zulässigen Werte der Schubspannung von $\tau_{\text{Mörtel}} = 0,1 \text{ MN/m}^2$ im Fugenmörtel werden in der Berechnung eingehalten. Eine zusätzliche Modifizierung der Eigenschaften des Fugenmörtels wird daher nicht vorgenommen.

10.2.2.7 Ergebnisse der Modellberechnung, LF „Eigengewicht und UIC 71 Lastbild“

Die Ergebnisse der nichtlinearen EDV-Berechnung mit dem Stabwerksprogramm für den Lastfall „Eigengewicht und UIC 71 Lastbild“ über dem Gewölbe sind der Anlage AB zu entnehmen.

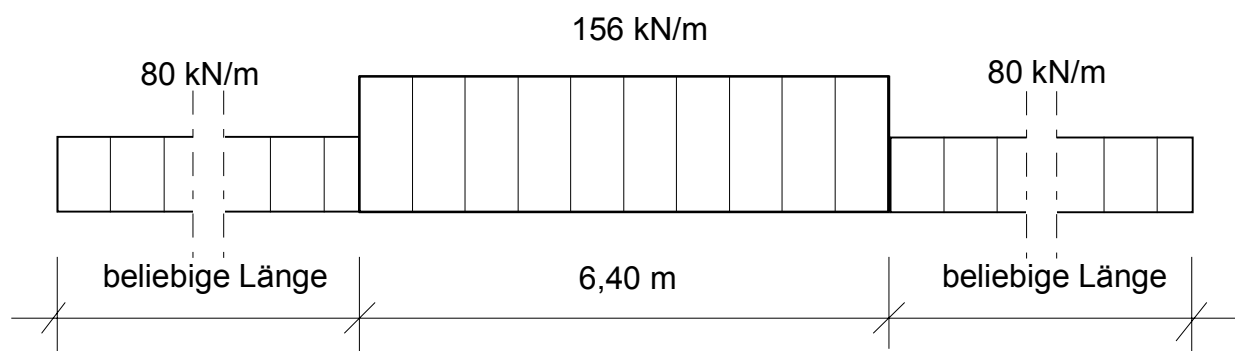


Bild 10.11: Lastbild UIC 71.

Exemplarisch sind für den Gewölbescheitel, das entspricht dem Bereich zwischen Stab 13 und 14, die Spannungen am unteren und oberen Rand berechnet worden. Die Spannungen, hier exemplarisch für den Gewölbescheitel (Anfang Stab 14 für den unteren, Ende Stab 41 für den oberen Rand), werden vom Programm berechnet zu:

$$\sigma_{\text{oben}} = -0,664 \text{ MN/m}^2,$$

$$\sigma_{\text{unten}} = -0,037 \text{ MN/m}^2.$$

Diese Spannungen im Scheitelbereich sind ähnlich groß wie beim FE-Modell (-664 kN/m² [Stabwerk] zu -863 kN/m² [FEM] oberer Rand, -37 kN/m² zu -24 kN/m² unterer Rand).

Bild 10.12 zeigt als Ergebnisplot der FE-Berechnung in einer isometrischen Darstellung die Verteilung der Hauptspannungen über den Querschnitt im Bereich des Scheitels für den Lastfall „Eigengewicht und UIC 71 Lastbild“.

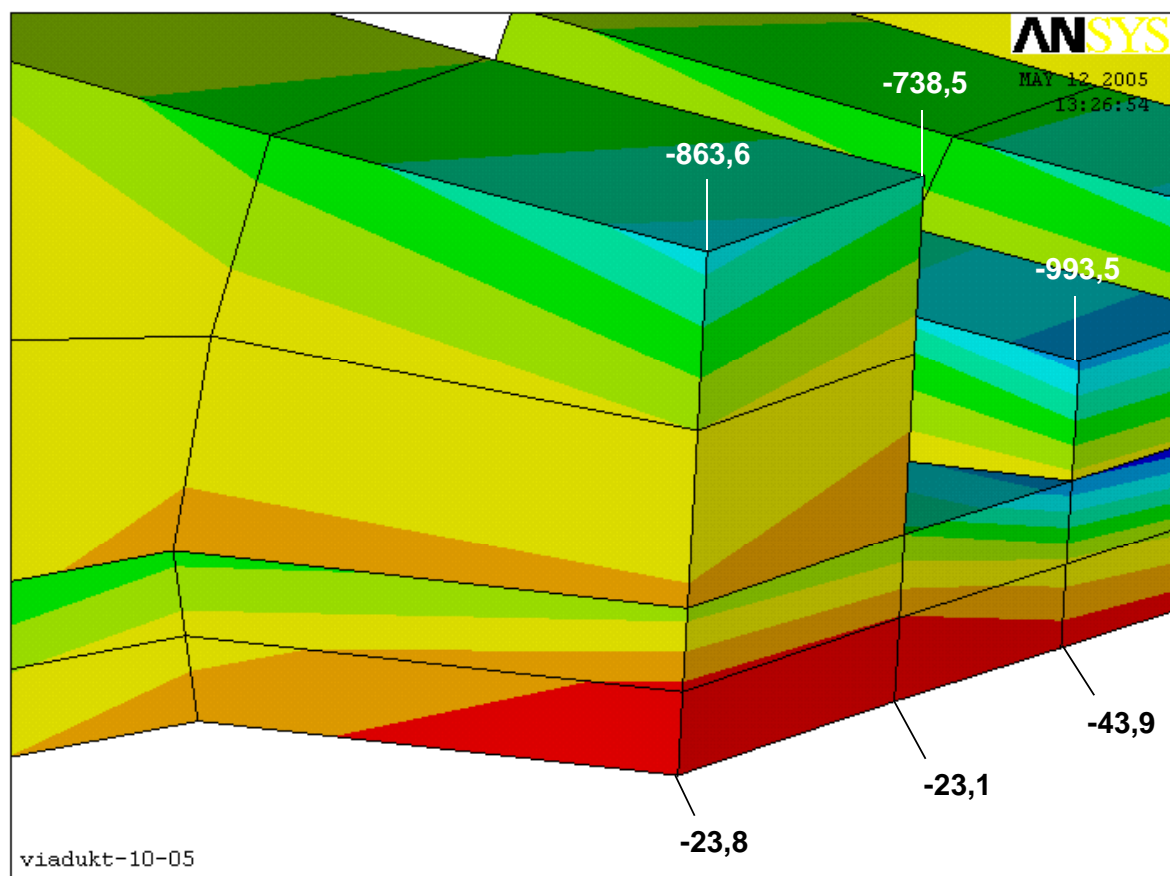


Bild 10.12: Darstellung der Hauptspannungen [kN/m²] der FE-Berechnung im Gewölbe und in den Aufmauerungen infolge Eigengewicht und UIC-Last im Scheitel des Feldes zwischen Pfeiler 70 und 80.

Die Abweichungen der Spannungen im Mauerwerk betragen am oberen Rand 23 %. Am unteren Rand im Gewölbe sind bei der Stabwerksberechnung die Spannungen im Mauerwerk mehr als 1,5 mal so groß wie die Spannungen der FE-Lösung (-37 kN/m^2 zu -24 kN/m^2), jedoch ist der Gewölbescheitel in beiden Berechnungen noch überdrückt, das heißt: Zugspannungen treten im Mauerwerk des Gewölbescheitels nicht auf.

Bild 10.13 zeigt einen Ausschnitt aus dem Ergebnisprotokoll.

13 Qz	32,03101554	31,97780386	31,97780386	1,08782581	32,03101554	0,00000000
GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
Nx	-585,34112836	-585,34403778	-585,34403778	1,08782581	-585,34112836	0,00000000
Eps0	-0,04476475	-0,04476498	-0,04476498	1,08782581	-0,04476475	0,00000000
D II	13075938,00000	13075938,00000	13075937,99999	0,19196926	13075938,00001	0,89585655
My	27,22010607	62,03753331	27,22010607	0,00000000	62,03753331	1,08782581
kz	0,05096414	0,11615272	0,05096414	0,00000000	0,11615272	1,08782581
B II	534103,1700850	534103,1699774	534103,1698423	0,83186680	534103,1703321	0,06398975
eps.o	0,00000000	-3,63197E+0160	-0,08541843	1,08782581	0,00000000	0,00000000
eps.u	0,00000000	0,00092583	-0,02692731	0,00000000	0,00000000	0,00000000
s.s.o	-12,01079860	-15,92215790	-15,92215790	1,08782581	-12,01079860	0,00000000
s.s.u	-5,89510240	-1,98383210	-5,89510240	0,00000000	-1,98383210	1,08782581
s.B.o	-0,56341980	-0,76876583	-0,76876583	1,08782581	-0,56341980	0,00000000
s.B.u	-0,24234575	-0,03700372	-0,24234575	0,00000000	-0,03700372	1,08782581
14 Qz	-31,65428611	-31,70766061	-31,70766061	1,08782581	-31,65428611	0,00000000
GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
Nx	-585,07358870	-585,07069853	-585,07358870	0,00000000	-585,07069853	1,08782581
Eps0	-0,04474429	-0,04474407	-0,04474429	0,00000000	-0,04474407	1,08782581
D II	13075937,99999	13075937,99999	13075937,99999	1,08782581	13075938,00001	0,44792828
My	62,01894862	27,55338690	27,55338690	1,08782581	62,01894862	0,00000000
kz	0,11611792	0,05158814	0,05158814	1,08782581	0,11611792	0,00000000
B II	534103,1701292	534103,1701514	534103,1698266	0,57590778	534103,1702936	0,95984631
eps.o	0,00000000	-0,00000000	-0,08538556	0,00000000	0,00000000	0,00000000
eps.u	0,00000000	-0,00000000	-0,02668822	1,08782581	0,00000000	0,00000000
s.s.o	-15,91593355	-12,04410236	-15,91593355	0,00000000	-12,04410236	1,08782581
s.s.u	-1,98178327	-5,85352605	-5,85352605	1,08782581	-1,98178327	0,00000000
s.B.o	-0,76847007	-0,56519927	-0,76847007	0,00000000	-0,56519927	1,08782581
s.B.u	-0,03692718	-0,24019401	-0,24019401	1,08782581	-0,03692718	0,00000000

Bild 10.13: EDV-Ausdruck der Schnittgrößen Stab 13 und 14, Lastfall Eigengewicht und UIC 71 Last.

Bild 10.14 zeigt den Vergleich der Spannungen im Mauerwerk aus der FE-Berechnung und der Berechnung mit dem 2D-Stabwerksmodell.

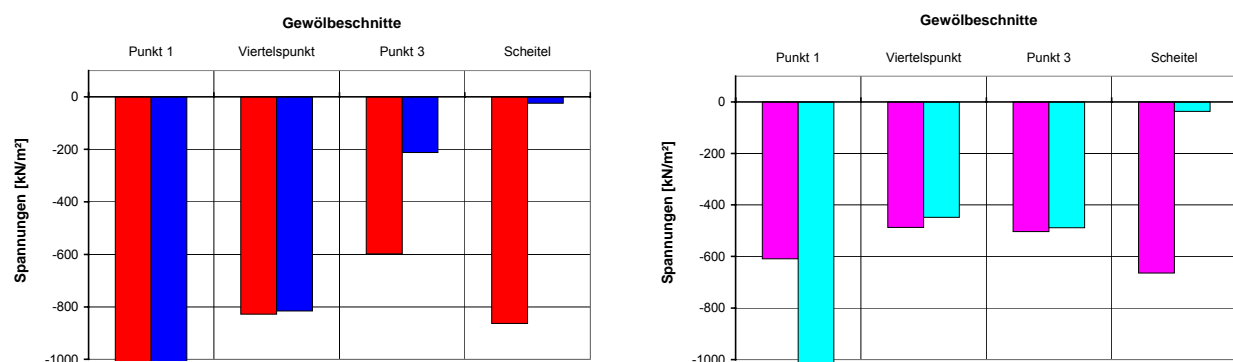


Bild 10.14: Graphische Darstellung der min./max. Spannungen im Gewölbe (Kämpferbereich, Punkt 1, bis Scheitelpunkt) infolge Eigengewicht und UIC 71 Last für das FE-System (— σ_{oben} , — σ_{unten} , linke Graphik) und für das ebene Stabwerkssystem (— σ_{oben} , — σ_{unten} , rechte Graphik).

Die Ergebnisse des Stabwerkmodells für den Bereich zwischen dem Kämpfer und dem Scheitel (Viertelpunkt und Punkt 3) zeigt sehr große Abweichungen zur FE-Lösung. Im Kämpferbereich erreichen die Spannungen für den unteren Querschnittsrand im Stabwerkmodell den Wert von -1436 kN/m^2 , das FE-Modell berechnet eine Spannung im Kämpferbereich am unteren Rand von -1749 kN/m^2 . Die Abweichung zur FE-Berechnung beträgt damit 18 %.

Die berechneten Spannungen im Querschnitt in Bild 10.14 für die FE- und 2D-Berechnung zeigen eine ähnliche Größe. Die Spannungen, die für den Viertelpunkt und den Punkt 3 berechnet wurden, weichen stark voneinander ab.

Die maximale Schubspannung in der Mörtelfuge wird auch in dieser 2D-Berechnung auf $\tau_{\text{Mörtel}} = 0,1 \text{ MN/m}^2$ (die maximale Stabkraft in den Stäben 99 bis 105 beträgt dann $N_{\text{Dehnstab}} = 0,192 \text{ MN}$) begrenzt.

Die maximale Stabkraft im Dehnstab (im Modell Stab 105) beträgt im Kämpferbereich $N_{\text{Dehnstab}} = 0,094 \text{ MN}$, das entspricht einer Schubspannung im Mauerwerksmörtel von

$$\tau_{\text{Mörtel}} = F / A_{\text{Mörtel}} = 0,094 / 1,923 = 0,049 \text{ MN/m}^2.$$

Die zulässigen Werte der Schubspannung gemäß DIN 1053 Teil 1 von $\tau_{\text{Mörtel}} = 0,1 \text{ MN/m}^2$ im Fugenmörtel werden in der Berechnung eingehalten.

Die Verformung im Scheitelbereich infolge Eigengewicht und UIC-Last beträgt bei der Berechnung mit dem Stabwerksmodell 1,19 mm.

Das FE-System berechnet für den gleichen Lastfall eine Scheitelverformung von 4,88 mm.

10.2.2.8 Ergebnisse der Modellberechnung, LF Eigengewicht und UIC-Radsatzlast

Bei dieser nichtlinearen Berechnung mit dem Stabwerksprogramm wurden neben dem Eigengewicht nur die Achslasten des UIC-71 Lastbildes (im weiteren mit UIC-Radsatzlast bezeichnet) berücksichtigt. Die Ergebnisse der Berechnung sind der Anlage AC zu entnehmen.

Bild 10.15 zeigt die Geometrie sowie die aufgesetzten UIC-Radsatzlasten.

Exemplarisch sind für den Gewölbescheitel die Spannungen am oberen und unteren Rand ermittelt worden.

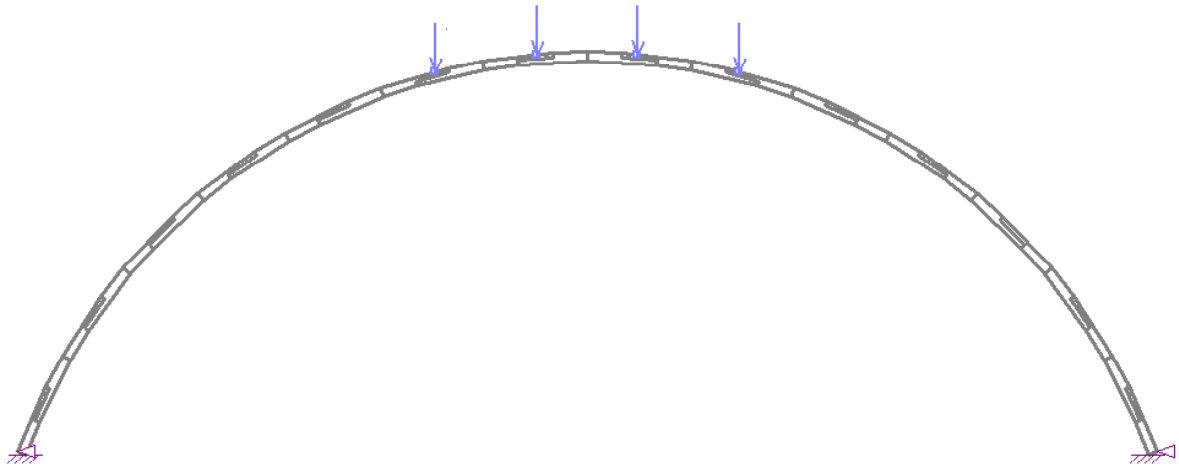


Bild 10.15: Grafische Darstellung der Geometrie des Gewölbes und der UIC-Radsatzlasten.

Die Spannungen (Anfang Stab 14 für den unteren, Ende Stab 41 für den oberen Rand), werden vom Programm berechnet zu:

$$\sigma_{\text{oben}} = -0,692 \text{ MN/m}^2,$$

$$\sigma_{\text{unten}} = -0,011 \text{ MN/m}^2.$$

Diese Spannungen im Scheitelsbereich sind ähnlich groß wie beim FE-Modell (-692 kN/m² [Stabwerk] zu -485 kN/m² [FEM] oberer Rand, -11 kN/m² zu -25 kN/m² unterer Rand).

Die Abweichungen der Spannungen im Mauerwerk betragen am oberen Rand 43 %. Die Berechnung mit dem Stabwerksmodell ergibt bei einer Beanspruchung durch die UIC-Radsatzlast und das Eigengewicht Druckspannungen im Gewölbescheitel; die betragsmäßig kleinste Druckspannung tritt am unteren Rand auf und beträgt -11 kN/m². Bei der FE-Berechnung desselben Lastfalls ist der Gewölbescheitel mit -25 kN/m² mehr als doppelt so stark überdrückt, absolut gesehen sind die Unterschiede am unteren Rand jedoch gering. Zugspannungen im Mauerwerk des Gewölbescheitels treten bei beiden Berechnungen nicht auf.

Bild 10.16 zeigt den Vergleich der Spannungen im Mauerwerk aus der FE-Berechnung und der Berechnung mit dem 2D-Stabwerksmodell.

Im Bereich zwischen dem Kämpfer und dem Scheitel (Viertelpunkt und Punkt 3) weicht das Ergebnis der Stabwerksberechnung stark von den Ergebnissen der FE-Berechnung ab.

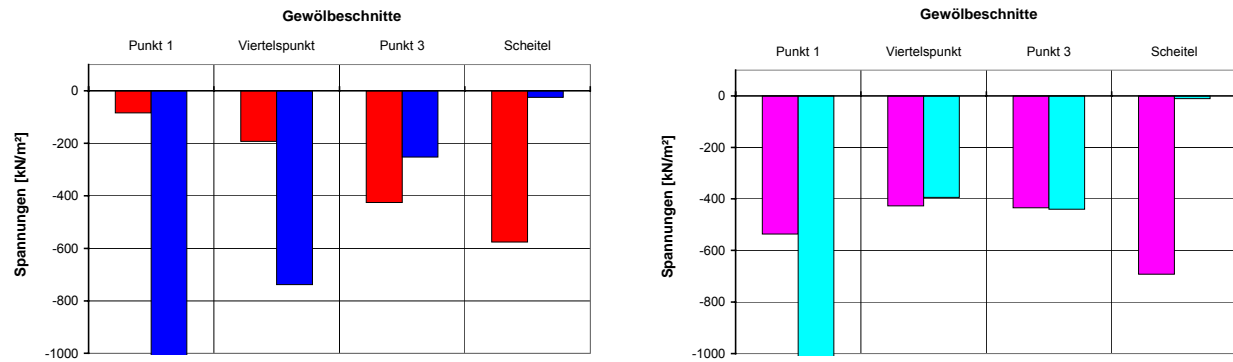


Bild 10.16: Graphische Darstellung der min./max. Spannungen im Gewölbe (Kämpferbereich, Punkt 1, bis Scheitelbereich, Scheitelpunkt) infolge Eigengewicht und UIC-Radsatzlast für das FE-System (— σ_{oben} , — σ_{unten} , linke Graphik) und für das ebene Stabwerkssystem (— σ_{oben} , — σ_{unten} , rechte Graphik).

Im Kämpferbereich erreichen die Spannungen für den unteren Querschnittsrand im Stabwerksmodell den Wert -1242 kN/m^2 , das FE-Modell berechnet eine Spannung im Kämpferbereich am unteren Rand von -1626 kN/m^2 . Die Abweichung zur FE-Berechnung beträgt 24%.

Die zulässigen Werte der Schubspannung von $\tau_{Mörtel} = 0,1 \text{ MN/m}^2$ im Fugenmörtel werden in der Berechnung eingehalten.

Die Verformung im Scheitelbereich infolge Eigengewicht und UIC-Radsatzlasten beträgt bei der Berechnung mit dem Stabwerksmodell $1,05 \text{ mm}$. Das FE-System berechnet für den gleichen Lastfall eine Scheitelverformung von $3,51 \text{ mm}$.

10.3 Zusammenfassung

Gewölbetragswerke werden in der heutigen Praxis häufig mit ebenen Stabwerksprogrammen berechnet. Wird bei komplexen Aufbaustrukturen wie beim Bahrmühlenviadukt auf die Berücksichtigung der mittragenden Wirkung der Aufbauten verzichtet, kommt es zu großen Abweichungen zu den validierten Ergebnissen der FE-Berechnungen.

Zur Berücksichtigung der Tragwirkung der Aufbauten in ebenen Stabwerksprogrammen wurde ein Stabwerkersatzmodell für die Mörtelfuge entwickelt. In Berechnungen mit zunächst linearen und anschließend nichtlinearen Materialgesetzen für Gewölbe, Mörtelfuge und Aufmauerungen wurden Spannungen und Verformungen berechnet; die Ergebnisse wurden mit den entsprechenden validierten Ergebnissen der FE-Berechnung verglichen.

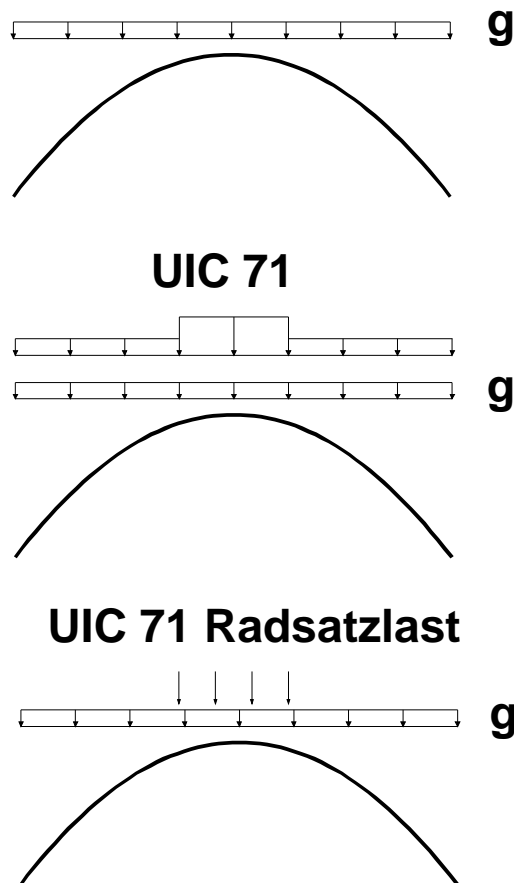


Bild 10.17: Darstellung der drei Lastfälle für die Berechnung mit dem ebenen Stabwerksprogramm

Die berechneten Lastfälle sind „Eigengewicht“, „Eigengewicht und UIC 71 Lastbild in Scheitelmittle“ (nur nichtlinear) sowie „Eigengewicht und UIC 71 -Radsatzlast in Scheitelmittle“ (nur nichtlinear), s. Bild 9.34.

Die Tabellen 10.1 bis 10.3 zeigen die Zusammenstellung der Ergebnisse der Stabwerks- und FE-Berechnungen. Zusätzlich wurden in den Tabellen die Abweichungen der Stabwerks- zur FE-Berechnung in Prozent angegeben.

Tabelle 10.1 zeigt, dass die nichtlineare Berechnung der Hauptspannungen im Mauerwerk des einzelnen Gewölbes (abgesehen vom Kämpfer oben) bessere Ergebnisse liefert als die lineare Berechnung.

Doch auch die Berechnung mit Hilfe des nichtlinearen Stabwerkprogramms liefert nur für den Scheitel- und den Kämpferbereich Ergebnisse ähnlicher Größe wie die FEM.

Tabelle 10.1: Darstellung der Ergebnisse FE- und der linearen und nichtlinearen Stabwerksberechnung für den Lastfall Eigengewicht. Die Abweichungen zum FE-Ergebnis sind in Prozent angegeben.

	FEM-Berechnung [kN/m ²]	Stab2D-linear			Stab2D-nichtlinear		
		Spannungen [kN/m ²]	Abweichung in % von FEM	Abweichung	Spannungen [kN/m ²]	Abweichung in % von FEM	Abweichung
Kämpfer oben	-70	-104	149 %	49 %	-242	346 %	246 %
unten	-1306	-626	48 %	-52 %	-914	70 %	-30 %
Viertelspkt.oben	-150	-335	223 %	123 %	-323	215 %	115 %
unten	-700	-219	31 %	-69 %	-260	37 %	-63 %
Punkt 3 oben	-292	-304	104 %	4 %	-358	123 %	23 %
unten	-367	-188	51 %	-49 %	-249	68 %	-32 %
Scheitel oben	-385	-302	78 %	-22 %	-315	82 %	-18 %
unten	-207	-186	90 %	-10 %	-163	79 %	-21 %

Aufgrund der größeren Abweichungen der Berechnung mit dem *linearen* Stabwerksprogramm zu den Ergebnissen der FE-Berechnung beim Lastfall Eigengewicht wurden die zwei Lastfälle mit Verkehrslast (UIC 71 Lastbild und UIC 71 –Radsatzlast) nur mit dem nichtlinearen Stabwerksprogramm berechnet (s.u.).

Tabelle 10.2: Darstellung der Ergebnisse FE- und der linearen und nichtlinearen Stabwerksberechnung für den Lastfall Eigengewicht und UIC 71 Last.

	FEM-Berechnung [kN/m ²]	Stab2D-nichtlinear		
		Spannungen [kN/m ²]	Abweichung in % von FEM	Abweichung
Kämpfer oben	-1118	-609	54 %	-46 %
unten	-1749	-1436	82 %	-18 %
Viertelspkt.oben	-828	-487	59 %	-41 %
unten	-816	-448	55 %	-45 %
Punkt 3 oben	-598	-503	84 %	-16 %
unten	-212	-489	231 %	131 %
Scheitel oben	-863	-664	77 %	-23 %
unten	-24	-37	154 %	54 %

Der Vergleich der Ergebnisse zeigt, dass mit Hilfe von nichtlinearen Materialgesetzen und unter Berücksichtigung der besonderen Eigenschaften der Mörtelfuge auch mit einfachen 2D-Stabwerksprogrammen eine ausreichend genaue Ermittlung der Spannungen im Mauerwerk infolge Last für die Bereiche des Gewölbescheitels und des Kämpfers möglich ist. Die Bereiche *zwischen* dem Kämpfer und dem Scheitel können von dem Stabwerksprogramm nicht zufriedenstellend dargestellt werden.

Sollen zusätzlich Aussagen über die Verformung des Gewölbes oder sollen Spannungsberechnungen infolge Last durchgeführt werden, muss eine zusätzliche dreidimensionale FE-Berechnung mit Makromodellierung vorgenommen werden.

Tabelle 10.3: Darstellung der Ergebnisse FE- und der linearen und nichtlinearen Stabwerksberechnung für den Lastfall Eigengewicht und UIC-71 - Radsatzlast. Die Abweichungen zum FE-Ergebnis sind in Prozent angegeben. Ergebnisse mit geringer prozentualer oder absoluter Abweichung zu FEM sind fett dargestellt.

	FEM-Berechnung [kN/m ²]	Stab2D-nichtlinear		
		Spannungen [kN/m ²]	Abweichung in % von FEM	Abweichung
Kämpfer oben	-963	-536	56 %	-44 %
unten	-1626	-1242	76 %	-24 %
Viertelspkt.oben	-689	-427	62 %	-38 %
unten	-738	-394	53 %	-47 %
Punkt 3 oben	-544	-434	80 %	-20 %
unten	-253	-440	174 %	74 %
Scheitel oben	-485	-692	143 %	43 %
unten	-25	-11	44 %	-56 %

Insbesondere bei den berechneten Verformungen im Gewölbescheitel zeigen die Stabwerksberechnungen große Abweichungen zur FE-Berechnung, welche bis zu fünffach größere Scheiteldurchbiegungen ermittelt.

Für eine schnelle und grobe Überprüfung der Spannungen im Mauerwerk im Scheitel infolge Last bietet die nichtlineare Berechnung mit einem Stabwerksprogramm jedoch ein einfach zu handhabendes Mittel.

11. Zusammenfassung und Ausblick

11.1 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, wie das Tragverhalten von historischen Eisenbahnviadukten wirklichkeitsnah mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode beschrieben werden kann. Dabei wird speziell auf den Bahrmühlenviadukt, einen zweigleisigen Eisenbahnviadukt bei Chemnitz, eingegangen. Umfangreiche Umbaumaßnahmen an diesem Viadukt, die infolge der Verbreiterung der Autobahn A 4 ergriffen werden mussten, machen den Viadukt aus historischem Mauerwerk in seiner heutigen Gestalt zu einem weltweit einzigartigen Bauwerk.

Der erste Abschnitt der Arbeit befasst sich einleitend mit Gewölbebrücken im Allgemeinen und Eisenbahnviadukten im Besonderen. Die Konstruktionsweisen gewölbter Eisenbahnbrücken aus Mauerwerk werden dargestellt, die Notwendigkeit ihrer Nachrechnung wird abgeleitet und der Stand der Forschung ausgebreitet. In diesen Kontext fügt sich die Motivation dieser Arbeit ein, die Tragfähigkeitsreserven historischer Eisenbahnviadukte rechnerisch zu erschließen, um auf diese Weise eine Weiternutzung der Bauwerke zu ermöglichen, wenn gestiegene Achslasten oder ein Umbau zu einer höheren oder anderen Beanspruchung führen, als sie die Konstrukteure der Brücken ursprünglich im Sinn hatten.

Der zweite Abschnitt der Arbeit befasst sich mit dem Baumaterial „Mauerwerk“, dem Tragverhalten gemauerter Brücken aus historischem Mauerwerk und den zugehörigen Normen.

Die Voraussetzungen für die Berücksichtigung der Aufbauten beim Lastabtrag im Tragsystem bestehender Gewölbebrücken werden im dritten Abschnitt beschrieben.

Der Kraftfluss im Verbundquerschnitt aus Gewölbe und Aufbau (verfüllt oder mit verfüllten Spandrellwänden) muss über die gesamte Brückenbreite gewährleistet und darf nicht durch Fugen quer zur Tragrichtung unterbrochen sein.

Über den Zustand des historischen Mauerwerks des Bahrmühlenviaduktes sind Gutachten [G10/11/12] angefertigt worden. Auf Grundlage dieser Untersuchungen werden für die verschiedenen Mauerwerksarten im Viadukt (Pfeiler-, Gewölbe-, Aufmauerungs- und Verfüllmauerwerk) jeweils Materialgesetze aufgestellt.

Einen Überblick über die zur Zeit vorhandenen Bemessungsvorschläge zum Nachweis der Tragfähigkeit von Mauerwerksgewölben, zusammengestellt aus verschiedenen Literaturquellen, wird in Abschnitt vier gegeben. Im Wesentlichen wird die Standsicherheit von Gewölbetragwerken über eine Beschränkung der Spannungen im Scheitelbereich nachgewiesen. In einer Tabelle wurden Vorschläge zur Bestimmung der bemessungsrelevanten Querschnittshöhe im Scheitelbereich des Gewölbes zusammengefasst.

Um die aus Versuchsergebnissen am Bauwerk ermittelten Kennwerte und die daraus abgeleiteten Materialgesetze aus Kapitel fünf überprüfen zu können, werden in Kapitel sechs einfache Fremdversuche an Mauerwerkswänden mit der Finite-Element-Methode nachgerechnet. Die Wände wurden mit kombinierten Normal- und Horizontalkräften beansprucht und den eigenen, aus den Kennwerten des Bahrmühlenviadukts abgeleiteten Materialgesetzen unterworfen. Der Vergleich der Berechnungsergebnisse zeigt, dass das Materialgesetz sehr gut geeignet ist, die Mauerwerksversuche nachzurechnen.

Abschnitt sieben befasst sich mit der FE-Modellierung für die Berechnung komplexer Mauerwerks-Tragstrukturen am Beispiel des Bahrmühlenviaduktes .

Mit Hilfe der Makromodellierung kann der Viadukt im Modell wirklichkeitsnah nachgebildet werden, wobei die verschiedenen Mauerwerksarten in den Pfeilern, den Gewölben, den Aufmauerungen und den Verfüllungen bei der Diskretisierung des Bahrmühlenviaduktes berücksichtigt werden. Dabei werden zwei FE-Modelle aufgestellt: ein Modell, welches den gesamten Viadukt in seiner vollen Länge und mit seinem gekrümmten Grundriss abbildet und ein zweites, verkleinertes Modell, welches auf den mittleren Bereich des Viadukts beschränkt ist, im Grundriss geradlinig verläuft und das mit einem Bruchteil der Rechenzeit auskommt. Um im Folgenden mit dem verkürzten Modell weiterarbeiten zu können, wird gezeigt, dass die Rechenergebnisse des verkürzten Modells nur geringfügig von denen des Gesamtmodells abweichen. Exemplarisch werden Beanspruchungen aus Temperatur, UIC-Verkehrslasten und Pfeilersetzungen berechnet. Neben der symmetrischen Belastung trägt die einseitige Anordnung der UIC-Verkehrslasten der Tatsache Rechnung, dass die nur einseitige Lastanordnung andere, unter Umständen ungünstigere, Beanspruchungen des Bauwerks verursacht.

Im Kapitel acht werden die Besonderheiten des Lastflusses im Mauerwerksgefüge beschrieben. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Mörtelfuge zwischen Gewölbe-mauerwerk und dem Mauerwerk der Aufmauerungen gelegt, die aufgrund ihrer ver-

gleichsweise geringen Fähigkeit zur Lastübertragung die Beanspruchbarkeit und damit die Mitwirkung der Aufbauten bei der Lastabtragung begrenzt. Bei der Makromodellierung komplexer Strukturen, wie z.B. dem Bahrmühlenviadukt, können die Mörtelfugen zwischen den Aufmauerungen und dem Gewölbe aus Gründen der Modellkomplexität und –stabilität jedoch nicht berücksichtigt werden.

In diesem Kapitel wird eine einfache Methode beschrieben, durch die dieses Manko bei der Makromodellierung von gegliederten Eisenbahnviadukten beseitigt werden kann.

Mit den Materialgesetzen für das Bahrmühlenviadukt und mit der Modellmodifikation für die Mörtelfuge zwischen dem Gewölbe und den Aufmauerungen werden schließlich FE-Berechnungen für einen Bauzustand (Heben des Pfeilers 70) des Bahrmühlenviaduktes durchgeführt. Anschließend werden die FE-Berechnungen dieses Lastfalls mit den Messergebnissen der am Bahrmühlenviadukt installierten Messeinrichtungen verglichen.

Durch diese Vergleiche konnte die Richtigkeit der FE-Berechnungen für den Bahrmühlenviadukt nachgewiesen werden.

In dem Abschnitt zehn werden Möglichkeiten diskutiert, komplizierte Bogentragwerke vereinfachend mit Hilfe einfacher, ebener Stabwerksprogramme zu berechnen. Es wird versucht, Modelle aufzustellen, die die wesentlichen Tragwirkungen des Gesamtsystems Bogen, Aufmauerung und Mörtelfuge zwischen Gewölbe und Aufmauerung zutreffend erfassen und die im Bogentragwerk entstehenden Beanspruchungen infolge Last und Zwang wirklichkeitsgetreu beschreiben. Das in Abschnitt zehn verwendete Modell arbeitet mit einem einheitlichen Materialgesetz und mit nichtlinearen Materialgesetzen. Beide Ansätze ergaben jedoch, dass eine genaue Berechnung von Eisenbahnviadukten aus historischem Mauerwerk nur mit Hilfe der räumlichen Finite-Elemente-Methode unter Einschaltung von Volumenelementen möglich ist.

11.2 **Ausblick**

Die komplizierte und zeitaufwendige Modellierung dreidimensionaler Systemgeometrien von großen Gewölbetragwerken ist mit dafür verantwortlich, dass die Finite-Elemente-Methode noch keinen großen Einzug in die praxisnahe Welt der konstruktiven Ingenieurere gefunden hat.

Diesem Manko könnte durch Entwicklung von Algorithmen für die Erzeugung einfacher Geometrie-Module abgeholfen werden, die den Zeitaufwand für die aufwendige Eingabe von dreidimensionalen Systemgeometrien erheblich minimieren.

Die Systemgeometrie kann mit einer Schwingungsanalyse und der Berechnung der ersten Eigenformen kontrolliert werden.

Für das historische Mauerwerk in Eisenbahnviadukten ist ein in der Handhabung einfaches Materialgesetz mit den Elementmodulen von ANSYS® Version 7.1 beschrieben worden. Die Eigenschaften der Mörtelfuge zwischen Gewölbe und Aufmauerung konnten nur in "Handarbeit" in das Modell implementiert werden.

Ein programmgesteuerter Automatismus zur Berücksichtigung der besonderen Materialeigenschaften des Fugenmörtels fehlt noch.

12. Literaturverzeichnis

- [A1] Aigner, Francesco:
Formgebung und Querschnittsausbildung bei massiven Bogenbrücken, Beton- und Stahlbetonbau 95, Heft 11, 2000.
- [A2] ANSYS, FEM für Praktiker.
Müller, Günter, Groth, Clemens:
FEM für Praktiker, die Methode der Finiten Elemente mit dem FE-Programm ANSYS, 3. Auflage, Expert Verlag, 1997.
- [A3] ANSYS, FEM für Praktiker.
Müller, Günter, Groth, Clemens:
FEM für Praktiker - Temperaturfelder, 2. Auflage, Expert Verlag, 1995.
- [B1] Backes, Werner:
Traglastprobleme im Mauerwerksbau, Die Bautechnik 71, Heft 6, 1994.
- [B2] Berndt, E.: Zur Druck- und Schubfestigkeit von Mauerwerk – experimentell nachgewiesen an Strukturen aus Elbesandstein, Die Bautechnik 73, Heft 4, 1996.
- [B3] Beyer, Wolfgang:
Eisenbahn im Sonneberger Land, Satz-Druck-Verlag Coburg, 1997.
- [B4] Blinne, Achim; Reintjes, Karl-Heinz:
Die Unterfangung des Bahrmühlenviaduktes, Beton- und Stahlbetonbau 98, Heft 3, 2003.
- [B5] Bode, Udo F. W.:
Funktionale Steingewölbe während des 18. und frühen 19. Jahrhunderts, Mauerwerk 8, Heft 4, 2004.
- [B6] Brand, Thomas; Gatz, Axel:
Zulässige Setzungen auf 3,0 mm beschränkt, Züblin Rundschau, Heft 33, 2001.
- [B7] Braune, Wolfgang:
Über die Tragwirkung von Gewölbebrücken mit längsgegliederten massiven Aufbauten, Die Bautechnik 57, Heft 2/3, 1980.
- [B8] Braune, Wolfgang:
Beitrag zur Feststellung der Belastbarkeit von Ingenieurbauten durch die Bestimmung von Einflusslinien aus Dehnungsmessungen unter beliebigen Lasten, Die Bautechnik 54, Heft 5, 1977.

- [B9] Von Brunn, Hubert:
Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Nr. 15, Eisenach-Görlitz, DEGES Hochglanzprospekt Nr. 15, März 1999.
- [B10] Brux, G.:
Sanierung der Marienbrücke in Dresden, Tiefbau Ingenieurbau Straßenbau, Heft 12, 2003.
- [B11] Budelmann, Harald; Warnecke, Peter; Rostásy, Ferdinand S.:
Tragverhalten und Konsolidierung von Wänden und Stützen aus historischem Natursteinmauerwerk. Mauerwerk-Kalender 1995.
- [B12] Budelmann, Harald:
Zustandserfassung und -beurteilung von historischem Mauerwerk, Fachtagung "Konsolidierung von historischem Natursteinmauerwerk", 6./7. 11.1997, Heft 135, Schriftenreihe des iBMB, TU Braunschweig.
- [B13] Budelmann, Harald; Gutsch, Alex:
Vom Werkstoffmodell zum Planungswerkzeug - Anforderungen aus der Praxis, Modellaufbau und Werkstoffmodelle, Braunschweig, iBMB, 2001.
- [B14] Budelmann, Harald; Wigger, Heinrich:
Erhaltung historischer Konstruktionen - Notwendigkeiten und Vorgehensweisen im denkmalpflegerischen und technischen Konsens, Neue Wege zur Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege, Dokumentation des Symposiums "Qualitätsmanagement in der Bestandpflege" im Rahmen der Initiative Architektur und Baukultur in Braunschweig, E. Schmidt, Berlin 2002.
- [B15] Budelmann, Harald:
Innovative Bauwerksüberwachung, GESA-Symposium 2003, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit durch Messtechnik, Monitoring und Beanspruchungsanalyse; Tagung 2003, Braunschweig, VDI-Berichte 1757, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2003.
- [B16] Budelmann, Harald; Falkner, Horst:
Bauen im Bestand - Eine Aufgabe der Zukunft, Bauen im Bestand März 2003, Braunschweig, iBMB, 2003.
- [B17] Bundesminster für Verkehr:
Steinbrücken in Deutschland, Beton - Verlag, 1988.
- [B18] Bung GmbH, NL Dresden:
Bauwerk 89 Ü2 – Bahrmühlenviadukt, Unterlagen zur Beratung am 04.04.2000/ EBA/ Alarmwerte/ Sicherheitskonzept, unveröffentlicht, 2000.

- [B19] Bung GmbH, NL Dresden:
Bauwerk 89 Ü2 – Bahrmühlenviadukt, Unterlagen zur Beratung am 16.04. 2003/ Messtechnisches Konzept, unveröffentlicht, 2003.
- [C1] Choo, B.S.; Coutie, M.G.; Gong, N.G.:
Finite-element analysis of masonry arch bridges using tapered elements, Proc. Inst. Civ. Eng., Part 2, 1991, TIS, Heft 1, 2001.
- [C2] von Consbruch, Bernd:
Zementverpressung am Autobahnviadukt bei Chemnitz, Beton- und Stahlbetonbau 99, Heft 7, 2004.
- [C3] Craemer, H.:
Die Bogenscheibenwirkung bei Brücken in Eisenbeton und Stein, Beton und Eisen 40, Heft 20, 1941.
- [C4] Craemer, H.:
Zusammenwirken von Scheibe und Schale bei Bogenscheibenbrücken, Der Bauingenieur 17, Heft 21/22, 1936.
- [D1] Deutsche Reichsbahn:
Anleitung zur Nachrechnung von Gewölbebrücken und Hinweise zur Benutzung des EDV-Programms (GRP) zur Berechnung von Gewölbe- und Rahmenbrücken bei Berücksichtigung der Rissbildung und der elastischen Stützung der Bauwerksgründung und der Widerlagerrückenflächen, Ministerium für Verkehrswesen, 1985.
- [D2] Deutsche Reichsbahn:
Richtlinie zur Bewertung der Tragfähigkeit und Instandsetzung von Gewölbebrücken, Entwurf Oktober 1991.
- [D3] Dialer, Christian:
Modellierung von Mauerwerk mittels Distinkter Elemente, Mauerwerk-Kalender 1993.
- [D4] DIN 1053:
Mauerwerk, Teil 1: Berechnung und Ausführung, Teil 2: Mauerwerksfestigkeitsklassen aufgrund von Eignungsprüfungen, 1996.
- [D5] DIN 1053-1:
Kalksandstein, DIN 1053-1 Mauerwerk. Verlag Bau & Technik, 2003.
- [D6] DIN 1075:
Betonbrücken, Bemessung und Ausführung, Beuth Verlag, 1981.

- [D7] Dischinger, Franz:
Untersuchungen über die Knicksicherheit, die elastische Verformung und das Kriechen des Betons bei Bogenbrücken, Der Bauingenieur 18, Heft 33/34, 1937.
- [D8] Döring, Volker:
Der Göhrener Viadukt – Ein technisches Denkmal über dem Muldenstrom, 11/2003.
- [D9] Droese, Siegfried:
Unterfangung des Bahrmühlenviaduktes, Berichtsband Brückensymposium Leipzig, September 2000.
- [D10] Droese, Siegfried; Bodendiek, Peter:
Die Unterfangung des Bahrmühlenviaduktes, Die Bautechnik 79, Heft 7, 2002.
- [D11] DS 804:
Deutsche Bundesbahn, Vorschrift für Eisenbahnbrücken und sonstige Ingenieurbauwerke (VEI), 01.01.1983, 01.01.1997.
- [D12] DS 805, Richtlinie:
Tragsicherheit bestehender Brückenbauwerke, DB Netz AG, 2002.
- [E1] Eckert, Klaus:
Lokomotiven, Geschichte, Typen, Technik, DuMont Monte Verlag, 2003.
- [E2] Eggert, Helmut; Kauschke, Wolfgang:
Lager im Bauwesen, Verlag Ernst & Sohn, 2. Auflage, 1995.
- [E3] Engel, Rainer:
Im Würgegriff des Monopols, Pro Bahn Zeitung, Heft 1, 2000.
- [F1] Falkner, Horst:
Wechselwirkung Baugrund-Bauwerk bei der Überbauung SAB Berlin, Geotechnik 2, 1979.
- [F2] Falkner, Horst:
Wärmedehnungen und Wärmespannungen bei Bauwerken, Enzyklopädie Naturwissenschaft und Technik, Jahresband 1982, Landsberg, Moderne Technik, 1982.
- [F3] Falkner, Horst:
Instandsetzung und Ertüchtigung von Massivbauten, Fachseminar Instandsetzung und Ertüchtigung von Massivbauten, November 1991 in Braunschweig; Kurzreferate, Braunschweig, iBMB, 1991.

- [F4] Falkner, Horst:
Validierung im Bauwesen, Technische Anforderungen an das Qualitätsmanagement und bei der Akkreditierung von Prüflaboratorien, Tagungsband, Berlin, Eurolab Deutschland, Verein Deutscher Prüflaboratorien, 1997.
- [F5] Falkner, Horst:
Qualität und Zuverlässigkeit am Bau-Materialprüfung in Berlin, 50 Jahre VMPA Verband der Materialprüfämter e. V., 1948 – 1998, Berlin, Verein der Materialprüfungsämter, 1998.
- [F6] Falkner, Horst:
Durch Innovation, Qualität der Bahntrassen erhöhen, Beratende Ingenieure 1999.
- [F7] Falkner, Horst; Teutsch, Manfred:
Brückenmonitoring, VSVI-Seminar Brücken- und Ingenieurbau, Braunschweig, 2003, Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, 2003.
- [F8] Falkner, Horst; Teutsch, Manfred:
Brückenmonitoring, Entwicklungen im Beton- und Faserbetonbau sowie in verwandten Gebieten, Festschrift Bernd Schnütgen, Bochum, Ruhr-Universität, Lehrstuhl für Stahlbeton- und Spannbetonbau, 2003.
- [F9] Falkner, Horst; Teutsch, Manfred:
Instandsetzung von Massivbauwerken mit Stahlfaserbeton, Schäden an Betonbauwerken, neuere Methoden einer Instandsetzung, Darmstadt Verlag, Das Beispiel, 2003.
- [F10] Felser, Gerd:
Wiedereröffnung der Bahnstrecke Korbach-Willingen, www.bahn.de/presse, 2003.
- [F11] Fengler, Wolfgang:
„Zusammenhang Übergangsrampe – Übergangsbogen, unveröffentlicht, 1996.
- [F12] Fengler, Wolfgang:
„Systeme im Schienenpersonennahverkehr - mehr als die Summe ihrer Komponenten?“, Eisenbahntechnische Rundschau 2002, Heft 1-2, 2002.
- [F13] Fischer, Georg; Albig, Jörg-Uwe:
In hohem Bogen, Geo, Heft 6, 1998.
- [F14] Fischer, R:
Sekundärbahnen von Pirna nach Großcotta und Gottleuba, Verlag Kenning, 1995.

- [F15] Fischer, Ulrich:
Die Mitwirkung des Aufbaues massiver Bogenbrücken, Beton und Eisen 37, Heft 19, 1938.
- [F16] Freystein, Hartmut:
Einführung der DIN-Fachberichte für die Berechnung und Bemessung von Eisenbahnbrücken, EBA, Referat 21, 2000.
- [F17] Fritsche, Sascha:
Die Eisenbahn in Sachsen und der sächsischen Schweiz,
www.lokomotive.de/sachsen, 11/2002.
- [G1] Gaber, Ernst:
Die Einwirkung von Wind und Wetter auf Bögen und Gewölbe, Der Bauingenieur 20, Heft 13/14, 1939.
- [G2] Gaber, Ernst:
Materialzahlen für den Massivbau in hochwertigem Beton oder Mauerwerk, Die Bautechnik 11, Heft 46, 1933.
- [G3] Gaber, Ernst:
Versuche über Elastizität und Festigkeit beim Mauerwerk und Beton aus hochwertigem Zement, Karlsruhe, Südwestdeutsche Druck- und Verlagsgesellschaft mbH, 1934.
- [G4] Gerber-Balmelli, Carmen:
Versuche an Porenbeton - Mauerwerk, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich, Birkhäuser Verlag Basel, IBK Bericht Nr. 206, November 1994.
- [G5] Gifford Archtec:
Baber Bridge Hounslow 315, strengthening and load testing report, Report No. B1660A/017/LT, February 2000.
- [G6] Gollwitzer, Thomas; Gebbeken, Norbert:
Ein neues FEM-Stabelement für nachgiebige Verbundquerschnitte, Die Bautechnik 81, Heft 7, 2004.
- [G7] Gotsch, Karl:
Brücken, Daten zu Brücken weltweit, www.karl-gotsch.de.
- [G8] Gottsch-Hasenjäger:
Technische Baubestimmungen Mauerwerksbau, Verlag Rudolf Müller, Köln, 1999.
- [G9] Graf, Otto:
Karl Schaechterle 60 Jahre alt, Der Bauingenieur 20, Heft 3/4, 1939.

- [G10] Grieger, Christoph:
Bauwerk 89 Ü2, Bahrmühlenviadukt, Gutachten über den Zustand und die Festigkeit des Mauerwerks der Eisenbahnüberführung Bahrmühlenviadukt, HTW Dresden, unveröffentlicht, März 1997.
- [G11] Grieger, Christoph:
Bauwerk 89 Ü2, Bahrmühlenviadukt, Ergänzung zum Gutachten Eisenbahnüberführung Bahrmühlenviadukt, HTW Dresden, unveröffentlicht, Juni 1997.
- [G12] Grieger, Christoph:
Prüfbericht P 1133, HTW Dresden, unveröffentlicht, Oktober 1998.
- [H1] Hänel, Dieter:
Zum Nachweis der Sicherheit rekonstruierter Gewölbebrücken der Deutschen Reichsbahn, Ehrenkolloquium „Baumechanische Analyse der Brücken“, Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Verkehrswesen, Dresden 1988.
- [H2] Hänel, Dieter; Reintjes, Karl-Heinz:
Die Unterfangung des Bahrmühlenviaduktes, Die Bautechnik 78, Heft 8, 2001.
- [H3] Heinrich, Bert:
Brücken, Vom Balken zum Bogen, Rowohlt-Verlag, 1983
- [H4] Herrbruck, Jürgen; Groß, Jens-P.; Wapenhans, Wilfried:
Gewölbebrücken: Ersatz der linearen "Kaputtrechnung", Die Bautechnik 78, Heft 11, 2001.
- [H5] Hemmy, Olaf; Droese, Siegfried:
Verbunddecke aus Holzbalken und Elementdecken mit Stahlfaseraufbeton, Die Bautechnik 77, Heft 4, 2000.
- [H6] Huyer, Michael:
Historische Brücken in Rheinland-Pfalz, Blätter zum Land, 2/2002
- [I1] Internationaler Eisenbahnverband:
UIC-Kodex 778-3E, Empfehlungen für die Bewertung des Tragvermögens bestehender Gewölbebrücken aus Mauerwerk und Beton, Juli 1995.
- [J1] Jäger, Wolfram; Schneider, Klaus-Jürgen; Weickenmeier, Norbert:
Mauerwerksbau, Praxishandbuch 2003, Bauwerk Verlag, Berlin 2003.
- [J2] Jäger, Wolfram; Vassilev, Todor; Pflücke, Torsten:
Ein neues Materialgesetz zur wirklichkeitsnahen Beschreibung des Baustoffverhaltens von Mauerwerk, Mauerwerk 8, Heft 4, 2004.

- [J3] Jäger, Wolfram; Baier, Gunar:
Bemessung und Konstruktion von Mauerwerk nach Eurocode 6 – Stand der Normung, Mauerwerk 5, 2001.
- [J4] Jagfeld, Matthias:
Tragverhalten und statische Berechnung gemauerter Gewölbe bei großer Auflagerverschiebung, TU München, Dissertation 2000.
- [J5] Jockel, Hans - Josef:
Die Eisenbahn im Eggegebirge, 2001.
- [K1] Kern, Rudolf:
Der Einfluss der Gewölbeform und der Stützweite auf die Wärmespannungen gewölbter Brücken, Der Bauingenieur 3, Heft 17, 1922.
- [K2] Kern, Rudolf:
Die Beurteilung der Tragfähigkeit gewölbter, unbewehrter Brücken, Der Bauingenieur 22, Heft 24/26, 1941.
- [K3] Kirsche, H. J.; Müller, H:
Eisenbahnatlas der DDR, Tourist Verlag Berlin/ Leipzig, 1987.
- [K4] Koch, Werner:
Brückenbau, Teil 1-4, Werner Verlag, 1965.
- [K5] Kohl, F.:
Beschreibung der Göltzsch- und Elstertalüberbrückung, Plauen: August Schröter, 1854.
- [K6] Kordina, Karl; Gunkler, Erhard:
Biegetragfähigkeit von Mauerwerk mit den Eigenschaften alter Bausubstanz unter Druckbeanspruchung, iBMB, TU Braunschweig, 1988.
- [K7] Kraft, Stefan; Ommert, Christian:
Bauen im Bestand, Besonderheiten in Bewertung und Nachweisführung, www.ssf-ing.de.
- [K8] Kröger, Gelfo:
Sanierung des Willinger Viadukts beginnt im Mai, www.bahn.de/presse, 2003.
- [K9] KS-Info GmbH:
DIN 1053-1 Mauerwerk, Teil 1: Berechnung und Ausführung, 2. Auflage, Bau und Technik Verlag, Düsseldorf, 2003.
- [L1] Lachmann, Harry:
Über die Standsicherheit gemauerter Gewölbebrücken, Die Bautechnik 67, Heft 2, 1990.

- [L2] Lindner, W.:
Mauerwerk, Alfred Metzler Verlag, Berlin 1937.
- [L3] Loose, Heidi:
Rechnerische Untersuchung zur Beschreibung der Mitwirkung der Mauerwerksaufbauten von Gewölbebrücken, Diplomarbeit TU BS, iBMB, Fachgebiet Massivbau, 2004.
- [L4] Lurati, Franco; Graf, Heinrich; Thürlimann, Bruno:
Versuche zur Festlegung der Festigkeitswerte von Zementsteinmauerwerk, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich, Birkhäuser Verlag Basel, Bericht 8401-2, Januar 1990.
- [L5] Lurati, Franco; Thürlimann, Bruno:
Versuche an Mauerwerkswänden aus Zementstein, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich, Birkhäuser Verlag Basel, Bericht 8401-3, April 1990.
- [M1] Mann, Walther:
Schubtragfähigkeit von Mauerwerk, Mauerwerk-Kalender 1978.
- [M2] Mann, Walther:
Zum Tragverhalten von Mauerwerk aus Natursteinen, Mauerwerk-Kalender 1988, S. 675 – 685.
- [M3] Mann, Walther; Müller, H.:
Schubtragfähigkeit von gemauerten Wänden und Voraussetzungen für das Entfallen des Windnachweises, Mauerwerk-Kalender 1985, S. 95 – 115.
- [M4] Matthes, Volker:
Bahnbau, Teubner Verlag, 6. Auflage, 2004.
- [M5] Mauerwerk Kalender 2005:
Verlag Ernst & Sohn, 30. Jahrgang, 2005.
- [M6] Mehlhorn, Gerhard:
Der Ingenieurbau, Grundwissen Bemessung, Verlag Ernst & Sohn, 1998.
- [M7] Meyer, Lutz-Henning:
150 Jahre Eisenbahnen im Rheinland, Entwicklung und Bauten am Beispiel der Aachener Bahnen, J. P. Bachem Verlag Köln, 1989.
- [M8] Mildner, Klaus:
Neue Verkehrslastannahmen der deutschen Reichsbahn für die Berechnungsmethode nach Grenzzuständen, Deutsche Reichsbahn, 1982.

- [M9] Mildner, Klaus:
"Meßwertgestütztes" Nachrechnen von Gewölbebrücken, Der Bauingenieur 72, 1997.
- [M10] Mörsch, Emil:
Die Brücken aus Eisenbeton, Verlag von Konrad Wittwer, Stuttgart 1933.
- [M11] Mörsch, Emil:
Statik der Gewölbe und Rahmen, Konrad Wittwer Verlag, 1947.
- [M12] Mojsilović, Nebojša; Marti, Peter:
Versuche an kombiniert beanspruchten Mauerwerkswänden, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich, Birkhäuser Verlag Basel, IBK Bericht Nr. 203, April 1994.
- [M13] Mojsilović, Nebojša:
Zum Tragverhalten von kombiniert beanspruchtem Mauerwerk, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich, Birkhäuser Verlag Basel, IBK Bericht Nr. 216, Dezember 1995.
- [N1] Nodoushani, Mohammad:
Instandsetzung von Natursteinbrücken, Beton Verlag, 1997.
- [O1] Olsen, H.:
Die Pfannlochbrücke und die Höllenbachbrücke an der deutschen Alpenstraße, Die Bautechnik 14, Heft 43/ 44, 1936.
- [P1] Pauser, Alfred:
Massivbrücken, Österreichische Vereinigung für Beton und Bautechnik, 2002.
- [P2] Petersen, Christian:
Statik und Stabilität der Baukonstruktionen, Vieweg Verlag, 1982.
- [P3] Pfeifer, Wolfgang:
Etymologisches Wörterbuch des Deutschen, Deutscher Taschenbuch Verlag, Berlin, 1993.
- [P4] Pieper, Klaus:
Sicherung historischer Bauten, Verlag Ernst & Sohn, 1983.
- [P5] Pottgießer, Hans:
Eisenbahnbrücken aus zwei Jahrhunderten, Birkhäuser Verlag, 1985.
- [P6] Purtak, Frank:
Numerische Simulation des Stabilitätsverhaltens von Natursteinmauerwerk, 19th CAD-FEM Users' Meeting 2001.

- [P7] Purtak, Frank:
Zur nichtlinearen Berechnung von Bogenbrücken aus Natursteinmauerwerk, 22nd CAD-FEM Users' Meeting 2004.
- [P8] Purtak, Frank:
Tragfähigkeit von schlankem Quadermauerwerk aus Naturstein, TU Dresden, Dissertation 2001.
- [P8] Pfeiffer, Uwe:
Programm zur nichtlinearen Berechnung ebener Stabwerke, TU Hamburg-Harburg, Arbeitsbereich Massivbau 3-07, 2004.
- [R1] Ramisch:
Beitrag zur Gewölbetheorie, Baugewerks-Zeitung, Heft Nr. 85, XXXIV. Jahrgang, 1902.
- [R2] Rautenstrauch, Karl; Schlegel, Roger:
Untersuchung der Tragfähigkeit von Mauerwerk mit Hilfe numerischer Berechnungsverfahren, Ernst & Sohn Verlag, Mauerwerk-Kalender 2000.
- [R3] Rautenstrauch, Karl; Schlegel, Roger:
Modellierung von Mauerwerk als Diskontinuum, Ernst & Sohn Verlag, Mauerwerk-Kalender 2003.
- [R4] Ramm, Wieland; Backes, Werner:
Allgemeine nichtlineare Berechnung von Stabtragwerken aus Stahlbeton und Spannbeton, 31. Forschungskolloquium des DAfStb, 1995.
- [R5] Richter, Dorit:
A4-Unterfahrung des Bahrmühlenviadukts, Der Vermessungsingenieur, Heft 1, 2001.
- [R6] Richtlinie DS 804:
Vorschrift für Eisenbahnbrücken und sonstige Ingenieurbauwerke (VEI), München, 1997.
- [R7] Riese, Anja; Droese, Siegfried; Gunkler, Erhard; Niemann, Peter:
Aufständigung der Talbrücken Luhden, Oelbergen, Schermbeck A und B der BAB A2, Materialuntersuchungen und Ertüchtigungsmaßnahmen an den Natursteinbrücken, Die Bautechnik 76, Heft 6, 1999.
- [R8] Röhl, Victor:
Encyklopädie des gesamten Eisenbahnwesens, Band 6, Personenwagen und Steinbrücken, Verlag von Carl Gerold's Sohn, 1894.

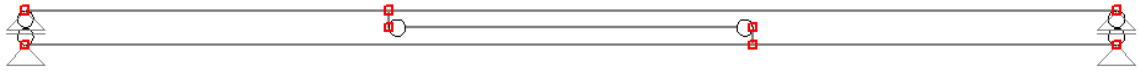
- [R9] Roca, Pere:
4.th International Conference on Arch Bridges, Barcelona, November, 2004.
- [R10] Rothert, Heinrich, Hinkelmann, Theo, Kaldenhoff, Martin:
Einführung in das PC-Programm STAB2D, Institut für Statik, Universität Hannover, Juni 1990.
- [R11] Rukwied, Hermann:
Brückenästhetik, Verlag Ernst & Sohn, 1933.
- [S1] Sabha, Ahmad; Schöne, Ingolf:
Untersuchungen zum Tragverhalten aus Elbesandstein, Die Bautechnik 77, Heft 3, 1994.
- [S2] Schachmeier, Wilhelm:
Über mehrfache elastische Gewölbe, Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 1910.
- [S3] Scheffler, Herman:
Theorie der Gewölbe, Braunschweig, Schulbuchhandlung, 1857.
- [S4] Schlegel, Roger; Rautenstrauch, Karl:
Ein elastoplastisches Berechnungsmodell zur räumlichen Untersuchung von Mauerwerksstrukturen, Die Bautechnik 77, Heft 6, 2000.
- [S5] Schlegel, Roger; Will, Johannes; Fischer, Dietmar; Rautenstrauch, Karl:
Tragfähigkeitsbewertung gemauerter Brückenbauwerke mit modernen Berechnungsmethoden am Beispiel der Göltzschtalbrücke, Die Bautechnik 80, Heft 1, 2003.
- [S6] Schlegel, Roger, Will, Johannes:
Materialmodelle für nichtlineare Berechnungen komplexer Mauerwerkstrukturen mit Ansys, 22nd CAD-FEM Users' Meeting 2004.
- [S7] Schlegel, Roger; Rautenstrauch, Karl:
Numerische Modellierung von Mauerwerk, Kapitel C Bemessung, Mauerwerk Kalender 2005.
- [S8] Schrank, Ronald; Thiele, Rolf:
Beitrag zur FE - Analyse des Tragverhaltens schlanker Mauerwerkswände mit aussteifenden Holzstielen unter Vertikallast, LACER (Leipzig annual civil engineering report) No.5, 2000.
- [S9] Schreyer, Carl; Ramm, Hermann; Wagner, Walter:
Praktische Baustatik Teil 2, Teubner Verlag, 1960.

- [S10] Schubert, Peter; Glitza, Horst:
E-Modul, Querdehnungszahlen und Bruchdehnungsversuche von Mauerwerk,
Die Bautechnik 58, Heft 6, 1981.
- [S11] Schubert, Peter:
Eigenschaftswerte von Mauerwerk, Mauersteinen und Mauermörtel, Institut für
Bauforschung, RWTH Aachen, Mauerwerk-Kalender 1993.
- [S12] Schubert, Peter:
Zur Schubfestigkeit von Mauerwerk, Mauerwerk-Kalender 1998.
- [S13] Schubert, Peter:
Ständig verbessern, Mauerwerksforschung an deutschen Hochschulen, Bauen
im Bestand, 2004.
- [S14] Schubert, Peter; Graubohm, Markus:
Druckfestigkeit von Mauerwerk parallel zu den Lagerfugen, Mauerwerk 8,
Heft 5, 2004.
- [S15] Schüßler-Plan:
Überprüfung der Tragfähigkeit der Gewölbebrücke BW 89 Ü2, Bahrebachmüh-
lenviadukt, Düsseldorf, unveröffentlicht, Oktober 1997.
- [S16] Schüßler-Plan:
Überprüfung der Tragfähigkeit der Gewölbebögen BW 89 Ü2, Bahrebachmüh-
lenviadukt, Nachrechnung und Spannungsnachweise Ergänzende Betrachtun-
gen, insbesondere zu Setzungsdifferenzen in Querrichtung, unveröffentlicht,
Dezember 1997.
- [S17] Six, Michael:
Sicherheitskonzept für nichtlineare Traglastverfahren im Betonbau, Deutscher
Ausschuss für Stahlbeton, Heft 534, Beuth Verlag, 2003.
- [S18] Sperling, Dirk:
Feste Fahrbahn Systeme, 40. Forschungskolloquium DAfStb., Institut für Bau-
stoffe, Massivbau und Brandschutz, TU Braunschweig, Heft 160, 2001.
- [S19] Sperling, Dirk:
Berechnung von Spannbetonsträgern mit ANSYS, Vortrag auf dem 22. CAD-
FEM USERS Meeting, Dresden, November 2004.
- [S20] Standfuß, Friedrich, Thomass, Siegfried:
Die Erhaltung alter Steinbrücken in Deutschland, Straße und Autobahn, Heft 8,
1982.

- [S21] Standfuß, Friedrich:
Alte Steinbrücken in Deutschland, Straße und Autobahn, Heft 10, 1983.
- [S22] Stebra, Karel:
Technisches Denkmal erstrahlt in neuem Glanz, Mauerwerk 8, Heft 4, 2004.
- [S23] Steinfels, Erich; Höfener, Wilhelm; Schmitz, Wolfram:
Platte statt Bogen, Beton 92, Heft 6, 1992.
- [S24] Stiglat, Klaus:
Zur Tragfähigkeit von Mauerwerk aus Sandstein. Die Bautechnik 61, Heft 2/3, 1984.
- [S25] Stiglat, Klaus:
Brücken am Weg, Ernst & Sohn Verlag, 1997.
- [T1] Temming, Rolf L.:
Illustrierte Geschichte der Eisenbahn, Georg Westermann, 1976.
- [T2] Thomée, Bernhard; Schikora, Karl:
Stahlfaserbeton: Elastoplastisches Materialgesetz – Berechnungsmodelle – Versuche, Vortrag bei Cadfem 2004.
- [V1] Vockrodt, Hans-Jörg:
Instandsetzung und Erweiterung der Krämpfertorbrücke über den Flutgraben in Erfurt, Die Bautechnik 77, Heft 2, 2000.
- [V2] Vockrodt, Hans-Jörg; Feistel, Dieter; Stubbe, Jürgen:
Handbuch Instandsetzung von Massivbrücken, Birkhäuser Verlag, 2003.
- [W1] Weber, Wilmar Karlemann:
Die gewölbte Eisenbahnbrücke mit einer Öffnung, Lehrstuhl für Massivbau der TU München, Dissertation 1999.
- [W2] Wesche, Karlhans:
Baustoffe für tragende Bauteile, Teil 1 Grundlagen, Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 1996.
- [W3] Wesche, Karlhans:
Baustoffe für tragende Bauteile, Teil 2 Beton und Mauerwerk, Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 1993.
- [W4] Wünsch, Josef:
Einfluß der Bodensteifigkeit auf den Verlauf der Spannungen in Gewölben, Beton und Eisen 40, Heft 18, 1941.

- [Z1] Züblin AG – Technisches Büro Tiefbau – Berlin:
BV Abfangung Bahrmühlenviadukt, Bauwerk BW 89 - Ü2, messtechnisches
Konzept, unveröffentlicht, Mai 1999.
- [Z2] Züblin AG – Technisches Büro Tiefbau – Berlin:
BV Abfangung Bahrmühlenviadukt, Bauwerk BW 89 - Ü2, Messtechnik Firma
Solexpert, unveröffentlicht, 2003.
- [Z3] Züblin Sachsen AG:
Millimeterarbeit für sechs Fahrspuren, TIS Januar 2001.
- [Z4] Zühlke, D:
Pirna und seine Umgebung - Werte der deutschen Heimat, Akademie-Verlag
Berlin, 1965.

A. Stabmodell Berechnung



```
=====
System : D:\statik\Stab2D\elastomer\Mörtel im Bogen 015.ssy
Lastfall: D:\statik\Stab2D\elastomer\Mörtel im Bogen.sla
=====
```

Ergebnisse: I.Ordnung

----- Knotenverschiebung -----			
Knoten	wx	wz	Rotation
1	5.004e-06	-0.000	1.111e-12
2	-0.000	0.000	-2.481e-12
3	4.954e-06	-0.000	-2.394e-12
4	-0.000	-0.000	1.154e-12
5	4.954e-06	8.411e-13	2.452e-12
6	4.954e-06	8.347e-13	2.502e-12
7	3.281e-08	-8.656e-13	2.592e-12
8	3.281e-08	-8.723e-13	2.538e-12

----- Schnittkräfte -----				
Stab Nr.1				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	6.025e-15	0.000	6.025e-15	0.000
Q	6.457e-10	0.000	6.457e-10	0.000
M	1.319e-11	0.000	-2.638e-11	1.000
Stab Nr.2				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-5.966e-15	0.000	-5.966e-15	0.000
Q	-1.778e-09	0.000	-1.778e-09	0.000
M	6.466e-11	0.000	-1.290e-11	1.000
Stab Nr.3				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-0.0008903	0.000	-0.0008903	0.000
Q	0.1923	0.000	0.1923	0.000
M	0.01394	1.000	3.994e-09	0.000
Stab Nr.4				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-0.0008903	0.000	-0.0008903	0.000
Q	0.1923	0.000	0.1923	0.000
M	0.01442	1.000	-4.665e-12	0.000
Stab Nr.5				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-0.1923	0.000	-0.1923	0.000
Q	1.499e-17	0.000	1.499e-17	0.000
M	3.556e-17	1.000	-4.554e-17	0.000
Stab Nr.6				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-0.1923	0.000	-0.1923	0.000
Q	-0.009200	0.000	-0.009200	0.000
M	-2.368e-18	0.000	-0.004968	1.000
Stab Nr.7				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	1.137e-10	0.000	1.137e-10	0.000
Q	-0.008309	0.000	-0.008309	0.000
M	0.008974	0.000	8.386e-20	1.000

Stab Nr.8

Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	0.06410	0.000	0.06410	0.000
Q	-0.008606	0.000	-0.008606	0.000
M	0.009294	0.000	-3.735e-19	1.000

Stab Nr.9

Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-0.1282	0.000	-0.1282	0.000
Q	-0.009496	0.000	-0.009496	0.000
M	1.796e-19	0.000	-0.005128	1.000

----- Schnittkräfte des Stabes				1 in 1/1	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	6.025e-15	6.457e-10	1.319e-11			
1.000	6.025e-15	6.457e-10	-2.638e-11			

----- Schnittkräfte des Stabes				2 in 1/1	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-5.966e-15	-1.778e-09	6.466e-11			
1.000	-5.966e-15	-1.778e-09	-1.290e-11			

----- Schnittkräfte des Stabes				3 in 1/1	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-0.0008903	0.1923	3.994e-09			
1.000	-0.0008903	0.1923	0.01394			

----- Schnittkräfte des Stabes				4 in 1/1	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-0.0008903	0.1923	-4.665e-12			
1.000	-0.0008903	0.1923	0.01442			

----- Schnittkräfte des Stabes				5 in 1/1	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-0.1923	1.499e-17	-4.554e-17			
1.000	-0.1923	1.499e-17	3.556e-17			

----- Schnittkräfte des Stabes				6 in 1/1	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-0.1923	-0.009200	-2.368e-18			
1.000	-0.1923	-0.009200	-0.004968			

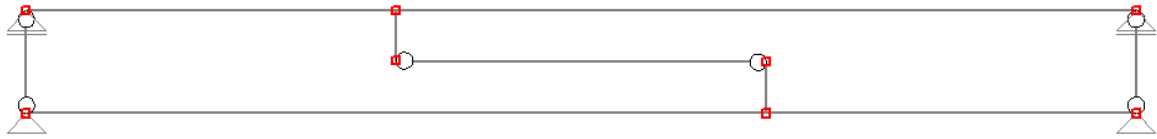
----- Schnittkräfte des Stabes				7 in 1/1	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	1.137e-10	-0.008309	0.008974			
1.000	1.137e-10	-0.008309	8.386e-20			

----- Schnittkräfte des Stabes				8 in 1/1	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	0.06410	-0.008606	0.009294			
1.000	0.06410	-0.008606	-3.735e-19			

----- Schnittkräfte des Stabes				9 in 1/1	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-0.1282	-0.009496	1.796e-19			
1.000	-0.1282	-0.009496	-0.005128			

----- Auflagerkräfte						
Knoten	x	z	Rotation			
1	2.254e-09	-0.06580	2.638e-11			
2	-0.06410	0.008606	1.319e-11			
3	-1.664e-09	-0.08331	6.466e-11			
4	-0.1282	-0.009496	1.290e-11			

----- Gelenkverschiebung						
Gelenk linke Seite	rechte Seite	Gesamt				
1	-2.481e-12	3.336e-05	-3.336e-05			
2	3.336e-05	1.111e-12	3.336e-05			
3	-2.394e-12	3.303e-05	-3.303e-05			
4	3.303e-05	1.154e-12	3.303e-05			
5	2.502e-12	4.219e-08	-4.219e-08			
6	4.219e-08	2.592e-12	4.219e-08			



```
=====
System : D:\statik\Stab2D\elastomer\Mörtel im Bogen 015.ssy
Lastfall: D:\statik\Stab2D\elastomer\Mörtel im Bogen - 03.sla
=====
```

Ergebnisse: I.Ordnung

----- Knotenverschiebung -----			
Knoten	wx	wz	Rotation
1	0.0002399	-0.000	3.332e-12
2	-0.000	0.000	-7.443e-12
3	0.0002398	-0.000	-7.184e-12
4	-0.000	-0.000	3.462e-12
5	0.0002398	2.524e-12	7.357e-12
6	0.0002398	2.504e-12	7.508e-12
7	9.845e-08	-2.597e-12	7.779e-12
8	9.845e-08	-2.617e-12	7.616e-12

----- Schnittkräfte -----				
Stab Nr.1				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	2.889e-13	0.000	2.889e-13	0.000
Q	7.814e-08	0.000	7.814e-08	0.000
M	9.459e-11	1.000	-7.498e-09	0.000
Stab Nr.2				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-2.887e-13	0.000	-2.887e-13	0.000
Q	3.778e-08	0.000	3.778e-08	0.000
M	1.972e-09	0.000	-3.944e-09	1.000
Stab Nr.3				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-0.002671	0.000	-0.002671	0.000
Q	0.5770	0.000	0.5770	0.000
M	0.04183	1.000	3.640e-07	0.000
Stab Nr.4				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-0.002671	0.000	-0.002671	0.000
Q	0.5770	0.000	0.5770	0.000
M	0.04328	1.000	-2.223e-10	0.000
Stab Nr.5				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-0.5770	0.000	-0.5770	0.000
Q	-1.612e-15	0.000	-1.612e-15	0.000
M	6.635e-16	0.000	-1.327e-15	1.000
Stab Nr.6				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-0.5770	0.000	-0.5770	0.000
Q	-0.02760	0.000	-0.02760	0.000
M	-6.166e-18	0.000	-0.01491	1.000
Stab Nr.7				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	5.505e-09	0.000	5.505e-09	0.000
Q	-0.02493	0.000	-0.02493	0.000
M	0.02693	0.000	-1.741e-18	1.000

Stab Nr.8

Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	0.1923	0.000	0.1923	0.000
Q	-0.02582	0.000	-0.02582	0.000
M	0.02789	0.000	4.913e-20	1.000

Stab Nr.9

Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-0.3847	0.000	-0.3847	0.000
Q	-0.02849	0.000	-0.02849	0.000
M	-1.518e-18	0.000	-0.01539	1.000

Schnittkräfte des Stabes					1 in 1/1	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	2.889e-13	7.814e-08	-7.498e-09			
1.000	2.889e-13	7.814e-08	9.459e-11			

Schnittkräfte des Stabes					2 in 1/1	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-2.887e-13	3.778e-08	1.972e-09			
1.000	-2.887e-13	3.778e-08	-3.944e-09			

Schnittkräfte des Stabes					3 in 1/1	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-0.002671	0.5770	3.640e-07			
1.000	-0.002671	0.5770	0.04183			

Schnittkräfte des Stabes					4 in 1/1	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-0.002671	0.5770	-2.223e-10			
1.000	-0.002671	0.5770	0.04328			

Schnittkräfte des Stabes					5 in 1/1	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-0.5770	-1.612e-15	6.635e-16			
1.000	-0.5770	-1.612e-15	-1.327e-15			

Schnittkräfte des Stabes					6 in 1/1	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-0.5770	-0.02760	-6.166e-18			
1.000	-0.5770	-0.02760	-0.01491			

Schnittkräfte des Stabes					7 in 1/1	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	5.505e-09	-0.02493	0.02693			
1.000	5.505e-09	-0.02493	-1.741e-18			

Schnittkräfte des Stabes					8 in 1/1	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	0.1923	-0.02582	0.02789			
1.000	0.1923	-0.02582	4.913e-20			

Schnittkräfte des Stabes					9 in 1/1	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-0.3847	-0.02849	-1.518e-18			
1.000	-0.3847	-0.02849	-0.01539			

Auflagerkräfte			
Knoten	x	z	Rotation
1	1.553e-07	-0.04740	-9.459e-11
2	-0.1923	0.02582	-7.498e-09
3	4.328e-08	-0.09993	1.972e-09
4	-0.3847	-0.02849	3.944e-09

Gelenkverschiebung			
Gelenk	linke Seite	rechte Seite	Gesamt
1	-7.443e-12	0.001600	-0.001600
2	0.001600	3.332e-12	0.001600
3	-7.184e-12	0.001599	-0.001599
4	0.001599	3.462e-12	0.001599
5	7.508e-12	2.055e-06	-2.055e-06
6	2.055e-06	7.779e-12	2.055e-06

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Belastung aus den Lastfällen: LF1

Knotenverformungen

Kn-Nr.	wx [mm]	wy [mm]	phi [1/000 rad]
0	0,00000000	0,00000000	0,00000000
1	-0,01062010	-0,06808815	-0,05219478
2	0,01905192	-0,18672359	-0,05730233
3	0,02056424	-0,23036543	-0,03621847
4	0,01536692	-0,30082412	-0,03329153
5	0,01012471	-0,33594985	-0,04157615
6	0,01365764	-0,41805141	-0,06746622
7	0,01449751	-0,46712165	-0,08036966
8	0,03038151	-0,59295747	-0,12637739
9	0,03780313	-0,67293144	-0,14867719
10	0,06010856	-0,87096482	-0,19469479
11	0,06441057	-0,98326849	-0,20259500
12	0,06010998	-1,20308030	-0,17072371
13	0,04367757	-1,28691631	-0,12576710
14	0,00004862	-1,36608621	0,00002448
15	-0,04357784	-1,28686508	0,12580929
16	-0,06000774	-1,20300836	0,17075735
17	-0,06430400	-0,98317185	0,20260667
18	-0,06000186	-0,87086488	0,19469485
19	-0,03770178	-0,67284037	0,14866124
20	-0,03028511	-0,59287434	0,12636001
21	-0,01441197	-0,46705429	0,08035172
22	-0,01357833	-0,41799189	0,06744741
23	-0,01006005	-0,33590607	0,04155597
24	-0,01531032	-0,30078777	0,03327154
25	-0,02052534	-0,23034279	0,03619629
26	-0,01902380	-0,18670792	0,05727686
27	0,01062477	-0,06808534	0,05217720
28	0,00000000	0,00000000	0,00000000
29	0,00000000	-0,17385999	-0,02092466
30	0,01248954	-0,20460895	-0,02227310
31	0,01611663	-0,22510379	-0,02456962
32	0,02176791	-0,27306053	-0,03187175
33	0,02371925	-0,30161145	-0,03790058
34	0,03114008	-0,36880560	-0,05519595
35	0,03559465	-0,41042966	-0,06809102
36	0,05309127	-0,51519221	-0,10166790
37	0,06269832	-0,58270794	-0,12419372
38	0,08920772	-0,75674861	-0,17395998
39	0,09858125	-0,86323501	-0,19474885
40	0,10409726	-1,09620444	-0,19888731
41	0,09186154	-1,20526353	-0,17752546
42	0,04061569	-1,35602760	-0,07119509
43	0,00004587	-1,37637868	0,00002372
44	-0,04052334	-1,35600111	0,07124334
45	-0,09176318	-1,20519065	0,17755646
46	-0,10399488	-1,09611689	0,19891154
47	-0,09847501	-0,86313446	0,19474657
48	-0,08910201	-0,75665178	0,17394933
49	-0,06260162	-0,58262583	0,12417967
50	-0,05299867	-0,51511762	0,10165118
51	-0,03551349	-0,41037158	0,06807176
52	-0,03106590	-0,36875582	0,05517605
53	-0,02366100	-0,30157740	0,03788012
54	-0,02171840	-0,27303370	0,03185119
55	-0,01608591	-0,22508980	0,02454905
56	-0,01246876	-0,20460049	0,02225256
57	0,00000000	-0,17386057	0,02090416
58	-0,02173522	-0,09884925	-0,12696844
59	0,01602181	-0,23873131	-0,04067422

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Kn-Nr.	wx [mm]	wy [mm]	phi [1/000 rad]
60	0,00952092	-0,33715057	-0,06666836
61	0,01764767	-0,46507104	-0,11036986
62	0,04489937	-0,66967661	-0,17589515
63	0,07302378	-0,98128914	-0,21429398
64	0,04518861	-1,28735535	-0,12134760
65	-0,04509166	-1,28730386	0,12139338
66	-0,07291798	-0,98119230	0,21431175
67	-0,04479717	-0,66958597	0,17588227
68	-0,01756129	-0,46500429	0,11035180
69	-0,00945532	-0,33710778	0,06664844
70	-0,01598211	-0,23870988	0,04065405
71	0,02174039	-0,09884750	0,12693774
72	0,02445484	-0,17263142	-0,12681686
73	0,02639731	-0,26471680	-0,04071482
74	0,03111820	-0,36803498	-0,06681741
75	0,04903051	-0,51735606	-0,11051079
76	0,08094960	-0,75981233	-0,17606191
77	0,09540821	-1,09744665	-0,21429990
78	0,04123663	-1,35510217	-0,12101633
79	-0,04114125	-1,35507578	0,12106215
80	-0,09530458	-1,09735936	0,21431774
81	-0,08084458	-0,75971521	0,17604906
82	-0,04893876	-0,51728095	0,11049274
83	-0,03104500	-0,36798430	0,06679750
84	-0,02634865	-0,26468887	0,04069465
85	-0,02443467	-0,17262183	0,12678614

Auflagerkräfte

Kn-Nr.	Fx [kN]	Fy [kN]	M [kNm]
0	60,77114211	2560,079442	2,83927093
28	-60,77494382	2560,051895	-2,81751038
29	1355,55127306		
57	-1355,54747134		
Sum	0,000000000	5120,131337	0,02176055

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Stäbe

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
0	Qz	45,02667578	45,11104230	45,11104230	0,00000000	45,11104230	0,54353105
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-1616,37969600	-1616,37734365	-1616,37734365	0,00000000	-1616,37734365	0,54353105
	Eps0	-0,12361482	-0,12361464	-0,12361464	0,00000000	-0,12361464	0,54353105
	D II	13075937,99998	13075938,00001	13075938,00001	0,00000000	13075938,00002	0,15986207
	My	-63,53326961	-39,03814855	-39,03814855	0,00000000	-39,03814855	0,54353105
	kz	-0,11895318	-0,07309103	-0,07309103	0,00000000	-0,07309103	0,54353105
	B II			534103,1700595			
	eps,o	534103,1699757	534103,1700595	0	0,12788966	534103,1702739	0,15986207
	eps,u	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,54353105	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.u	-17,58577290	-20,33746607	-20,33746607	0,54353105	-17,58577290	0,00000000
	s.B.o	-31,86015430	-29,10838916	-29,10838916	0,00000000	-29,10838916	0,54353105
	s.B.u	-0,73783085	-0,88229501	-0,88229501	0,54353105	-0,73783085	0,00000000
		-1,48723587	-1,34276847	-1,34276847	0,00000000	-1,34276847	0,54353105
1	Qz	100,65069180	100,65638451	100,65069180	0,00000000	100,68466699	0,56780419
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-1114,56965581	-1114,56914171	-1114,56965581	0,00000000	-1114,56658717	0,56780419
	Eps0	-0,08523822	-0,08523818	-0,08523822	0,00000000	-0,08523798	0,56780419
	D II	13075938,00000	13075938,00000	13075937,99999	0,83171319	13075938,00013	0,54381247
	My	-57,25116867	52,23531962	-57,25116867	0,00000000	52,23531962	1,08762494
	kz	-0,10719122	0,09780006	-0,10719122	0,00000000	0,09780006	1,08762494
	B II	534103,1699608	534103,1701336	534103,0256065	0,55980695	534103,1835758	0,51982074
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,11946820	1,08762494	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,12275514	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-10,61617063	-22,91563909	-22,91563909	1,08762494	-10,61617063	0,00000000
	s.S.u	-23,47911664	-11,17963244	-23,47911664	0,00000000	-11,17963244	1,08762494
	s.B.o	-0,42949163	-1,07521378	-1,07521378	1,08762494	-0,42949163	0,00000000
	s.B.u	-1,10479630	-0,45907344	-1,10479630	0,00000000	-0,45907344	1,08762494
2	Qz	-50,09654676	-50,11499015	-50,11499015	0,54368557	-50,09654676	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-874,76425343	-874,76319701	-874,76425343	0,00000000	-874,76319701	0,54368557
	Eps0	-0,06689878	-0,06689870	-0,06689878	0,00000000	-0,06689870	0,54368557
	D II	13075938,00000	13075937,99999	13075937,99997	0,51170407	13075938,00002	0,44774106
	My	34,33200669	7,09094683	7,09094683	0,54368557	34,33200669	0,00000000
	kz	0,06427973	0,01327636	0,01327636	0,54368557	0,06427973	0,00000000
	B II	534103,16988470	534103,168699	534103,1686990	0,54368557	534103,1710533	0,47972256
	eps,o	0,00000000	1,28899E+0248	-0,08939668	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	6,63067E+0265	-0,06225197	0,54368557	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-17,23653900	-14,17632083	-17,23653900	0,00000000	-14,17632083	0,54368557
	s.S.u	-9,52297159	-12,58315744	-12,58315744	0,54368557	-9,52297159	0,00000000
	s.B.o	-0,80457013	-0,64390880	-0,80457013	0,00000000	-0,64390880	0,54368557
	s.B.u	-0,39960784	-0,56026772	-0,56026772	0,54368557	-0,39960784	0,00000000
3	Qz	0,60648398	0,60438466	0,60438466	1,08700736	0,60648398	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-717,24157128	-717,24157305	-717,24157305	1,08700736	-717,24157128	0,00000000
	Eps0	-0,05485202	-0,05485202	-0,05485202	1,08700736	-0,05485202	0,00000000
	D II	13075937,99994	13075937,99991	13075937,99968	0,38364966	13075938,00044	0,19182483
	My	1,10888470	1,76704718	1,10888470	0,00000000	1,76704718	1,08700736
	kz	0,00207616	0,00330844	0,00207616	0,00000000	0,00330844	1,08700736
	B II	534103,1465164	534103,1832929	534103,0894148	0,12788322	534103,2050859	0,19182483
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,05600997	1,08700736	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,05412536	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-11,09497306	-11,16890965	-11,16890965	1,08700736	-11,09497306	0,00000000
	s.S.u	-10,84583368	-10,77189714	-10,84583368	0,00000000	-10,77189714	1,08700736
	s.B.o	-0,50020806	-0,50408973	-0,50408973	1,08700736	-0,50020806	0,00000000
	s.B.u	-0,48712824	-0,48324657	-0,48712824	0,00000000	-0,48324657	1,08700736

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
4	Qz	-35,74295571	-35,73703965	-35,74300274	0,04399584	-35,73703965	0,54394853
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-714,10006660	-714,10036269	-714,10036269	0,54394853	-714,10006424	0,04399584
	Eps0	-0,05461177	-0,05461179	-0,05461179	0,54394853	-0,05461177	0,04399584
	D II	13075937,99982	13075938,00000	13075937,99982	0,00000000	13075938,00059	0,05999432
	My	1,58577356	-17,85452467	-17,85452467	0,54394853	1,58577356	0,00000000
	kz	0,00296904	-0,03342898	-0,03342898	0,54394853	0,00296904	0,00000000
	B II	534103,1443427	534103,1696350	534103,1443427	0,00000000	534103,3728425	0,05999432
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,05565093	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,06631193	0,54394853	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-11,10049556	-8,91661888	-11,10049556	0,00000000	-8,91661888	0,54394853
	s.S.u	-10,74421084	-12,92809659	-12,92809659	0,54394853	-10,74421084	0,00000000
	s.B.o	-0,50085837	-0,38620481	-0,50085837	0,00000000	-0,38620481	0,54394853
	s.B.u	-0,48215342	-0,59680739	-0,59680739	0,54394853	-0,48215342	0,00000000
5	Qz	13,93546303	13,95220365	13,93546303	0,00000000	13,95220365	1,08797518
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-646,60415245	-646,60379144	-646,60415245	0,00000000	-646,60379144	1,08797518
	Eps0	-0,04944992	-0,04944990	-0,04944992	0,00000000	-0,04944990	1,08797518
	D II	13075937,99998	13075938,00004	13075937,99998	0,63998540	13075938,00004	0,70398394
	My	-20,29413126	-5,12252506	-20,29413126	0,00000000	-5,12252506	1,08797518
	kz	-0,03799665	-0,00959089	-0,03799665	0,00000000	-0,00959089	1,08797518
	B II	534103,1699311	534103,1721906	534103,1679414	0,95997810	534103,1785246	1,02397664
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,04609309	1,08797518	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,06274875	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-7,61018598	-9,31452603	-9,31452603	1,08797518	-7,61018598	0,00000000
	s.S.u	-12,16978399	-10,46543290	-12,16978399	0,00000000	-10,46543290	1,08797518
	s.B.o	-0,32535988	-0,41483777	-0,41483777	1,08797518	-0,32535988	0,00000000
	s.B.u	-0,56473877	-0,47526038	-0,56473877	0,00000000	-0,47526038	1,08797518
6	Qz	-46,48748134	-46,47825687	-46,48748134	0,00000000	-46,47825687	0,54396507
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-714,88497053	-714,88557032	-714,88557032	0,54396507	-714,88497053	0,00000000
	Eps0	-0,05467179	-0,05467184	-0,05467184	0,54396507	-0,05467179	0,00000000
	D II	13075938,00000	13075938,00001	13075937,99997	0,09599384	13075938,00031	0,03199795
	My	-0,02678738	-25,31129671	-25,31129671	0,54396507	-0,02678738	0,00000000
	Kz	-0,00005015	-0,04739028	-0,04739028	0,54396507	-0,00005015	0,00000000
	B II	534103,1706772	534103,1698821	534103,1674097	0,25598356	534103,1959557	0,09599384
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,05465424	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,07125844	0,54396507	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-10,93134929	-8,09095113	-10,93134929	0,00000000	-8,09095113	0,54396507
	s.S.u	-10,93736776	-13,77778426	-13,77778426	0,54396507	-10,93736776	0,00000000
	s.B.o	-0,49188815	-0,34276718	-0,49188815	0,00000000	-0,34276718	0,54396507
	s.B.u	-0,49220412	-0,64132592	-0,64132592	0,54396507	-0,49220412	0,00000000
7	Qz	7,69140625	7,72232711	7,69140625	0,00000000	7,72232711	1,08667981
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-672,07967026	-672,07931569	-672,07967026	0,00000000	-672,07931569	1,08667981
	Eps0	-0,05139820	-0,05139817	-0,05139820	0,00000000	-0,05139817	1,08667981
	D II	13075937,99999	13075938,00002	13075937,99999	0,00000000	13075938,00002	1,08667981
	My	-26,79777622	-18,42227314	-26,79777622	0,00000000	-18,42227314	1,08667981
	kz	-0,05017341	-0,03449197	-0,05017341	0,00000000	-0,03449197	1,08667981
	B II	534103,1696695	534103,1696489	534103,1693711	0,51137873	534103,1707053	0,89491278
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,03932598	1,08667981	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,06895889	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-7,26923543	-8,21011599	-8,21011599	1,08667981	-7,26923543	0,00000000
	s.S.u	-13,29004438	-12,34915298	-13,29004438	0,00000000	-12,34915298	1,08667981
	s.B.o	-0,30453756	-0,35393383	-0,35393383	1,08667981	-0,30453756	0,00000000
	s.B.u	-0,62063003	-0,57123327	-0,62063003	0,00000000	-0,57123327	1,08667981

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
8	Qz	-35,42377504	-35,40695409	-35,42377504	0,00000000	-35,40695409	0,54406342
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-754,30894873	-754,30973848	-754,30973848	0,54406342	-754,30894873	0,00000000
	Eps0	-0,05768679	-0,05768685	-0,05768685	0,54406342	-0,05768679	0,00000000
	D II	13075938,00001000	13075938,00000000	13075937,99998000	0,28803357	13075938,00002000	0,12801492
	My	-12,25688431	-31,52464817	-31,52464817	0,54406342	-12,25688431	0,00000000
	kz	-0,02294853	-0,05902352	-0,05902352	0,54406342	-0,02294853	0,00000000
	B II	534103,16886780	534103,16993250	534103,16886780	0,00000000	534103,17066600	0,03200373
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,04965481	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,07834509	0,54406342	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-10,16044692	-7,99595989	-10,16044692	0,00000000	-7,99595989	0,54406342
	s.S.u	-12,91427090	-15,07878208	-15,07878208	0,54406342	-12,91427090	0,00000000
	s.B.o	-0,44689327	-0,33325761	-0,44689327	0,00000000	-0,33325761	0,54406342
	s.B.u	-0,59146903	-0,70510578	-0,70510578	0,54406342	-0,59146903	0,00000000
9	Qz	20,03447994	20,06659518	20,03447994	0,00000000	20,06659518	1,08709015
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-697,89090215	-697,88997947	-697,89090215	0,00000000	-697,88997947	1,08709015
	Eps0	-0,05337215	-0,05337208	-0,05337215	0,00000000	-0,05337208	1,08709015
	D II	13075938,00000000	13075937,99998000	13075937,99998000	1,08709015	13075938,00002000	0,95919719
	My	-33,50544010	-11,70705650	-33,50544010	0,00000000	-11,70705650	1,08709015
	kz	-0,06273215	-0,02191909	-0,06273215	0,00000000	-0,02191909	1,08709015
	B II	534103,17003190	534103,16974230	534103,16920400	0,95919719	534103,17135760	1,02314367
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,04570040	1,08709015	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,07532840	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-6,91050067	-9,35927003	-9,35927003	1,08709015	-6,91050067	0,00000000
	s.S.u	-14,43835865	-11,98956107	-14,43835865	0,00000000	-11,98956107	1,08709015
	s.B.o	-0,28274306	-0,41130356	-0,41130356	1,08709015	-0,28274306	0,00000000
	s.B.u	-0,67795561	-0,54939384	-0,67795561	0,00000000	-0,54939384	1,08709015
10	Qz	-0,82990509	-0,82396967	-0,82990509	0,00000000	-0,82396967	0,54359636
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-751,29935117	-751,29935770	-751,29935770	0,54359636	-751,29935117	0,00000000
	Eps0	-0,05745663	-0,05745663	-0,05745663	0,54359636	-0,05745663	0,00000000
	D II	13075937,99997000	13075938,00004000	13075937,99995000	0,31976256	13075938,00004000	0,54359636
	My	-7,53721660	-7,98672648	-7,98672648	0,54359636	-7,53721660	0,00000000
	Kz	-0,01411191	-0,01495353	-0,01495353	0,54359636	-0,01411191	0,00000000
	B II	534103,17510240	534103,16876500	534103,16246920	0,22383379	534103,17510240	0,00000000
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,05251746	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,06269037	0,54359636	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-10,64461162	-10,59411475	-10,64461162	0,00000000	-10,59411475	0,54359636
	s.S.u	-12,33804098	-12,38853805	-12,38853805	0,54359636	-12,33804098	0,00000000
	s.B.o	-0,47265716	-0,47000608	-0,47265716	0,00000000	-0,47000608	0,54359636
	s.B.u	-0,56156220	-0,56421330	-0,56421330	0,54359636	-0,56156220	0,00000000
11	Qz	49,49082754	49,46978511	49,46978511	1,08736608	49,49240799	0,22386949
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-660,23095373	-660,23253073	-660,23253073	1,08736608	-660,23083526	0,22386949
	Eps0	-0,05049205	-0,05049217	-0,05049217	1,08736608	-0,05049204	0,22386949
	D II	13075938,00000000	13075938,00000000	13075937,99968000	0,24785550	13075938,00038000	0,21587415
	My	-11,25064766	42,55639603	-11,25064766	0,00000000	42,55639603	1,08736608
	kz	-0,02106456	0,07967823	-0,02106456	0,00000000	0,07967823	1,08736608
	B II	534103,17122460	534103,17000800	534102,91188970	0,23986017	534103,27394030	0,21587415
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,07837955	1,08736608	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,05786465	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-8,83453706	-14,87912860	-14,87912860	1,08736608	-8,83453706	0,00000000
	s.S.u	-11,36228412	-5,31774082	-11,36228412	0,00000000	-5,31774082	1,08736608
	s.B.o	-0,38807512	-0,70541599	-0,70541599	1,08736608	-0,38807512	0,00000000
	s.B.u	-0,52078184	-0,20344313	-0,52078184	0,00000000	-0,20344313	1,08736608

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
12	Qz	-1,89215363	-1,92289040	-1,92289040	0,54376925	-1,89215363	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-683,69863364	-683,69854789	-683,69863364	0,00000000	-683,69854789	0,54376925
	Eps0	-0,05228678	-0,05228677	-0,05228678	0,00000000	-0,05228677	0,54376925
	D II	13075938,00000000	13075938,00000000	13075937,99999900	0,47979640	13075938,00001000	0,22390499
	My	44,67469267	43,63746235	43,63746235	0,54376925	44,67469267	0,00000000
	kz	0,08364431	0,08170231	0,08170231	0,54376925	0,08364431	0,00000000
	B II	534103,16995680	534103,17003780	534103,16983870	0,41582355	534103,17013840	0,25589141
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,08156228	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,02369096	0,54376925	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-15,47601386	-15,35949233	-15,47601386	0,00000000	-15,35949233	0,54376925
	s.S.u	-5,43869631	-5,55521522	-5,55521522	0,54376925	-5,43869631	0,00000000
	s.B.o	-0,73406056	-0,72794319	-0,73406056	0,00000000	-0,72794319	0,54376925
	s.B.u	-0,20710139	-0,21321865	-0,21321865	0,54376925	-0,20710139	0,00000000
13	Qz	40,46494237	40,39215642	40,39215642	1,08782581	40,46494237	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-578,62091968	-578,62600525	-578,62600525	1,08782581	-578,62091968	0,00000000
	Eps0	-0,04425082	-0,04425064	-0,04425115	0,95984631	-0,04425064	1,08782581
	D II	13075938,00000000	13072893,48703000	13072893,48703000	1,08782581	13075945,92102000	0,95984631
	My	39,76372915	83,74570131	39,76372915	0,00000000	83,74570131	1,08782581
	kz	0,07444953	0,15680142	0,07444953	0,00000000	0,15680142	1,08782581
	B II	534103,17016090	533714,86032560	533714,86032560	1,08782581	534104,12748590	0,95984631
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,09913113	1,08782581	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,01819348	0,00000000	0,01062986	1,08782581
	s.S.o	-13,31713480	-18,25821250	-18,25821250	1,08782581	-13,31713480	0,00000000
	s.S.u	-4,38319139	0,55795838	-4,38319139	0,00000000	0,55795838	1,08782581
	s.B.o	-0,63277335	-0,89218020	-0,89218020	1,08782581	-0,63277335	0,00000000
	s.B.u	-0,16374132	0,09556296	-0,16374132	0,00000000	0,09556296	1,08782581
14	Qz	-40,39878732	-40,47157004	-40,47157004	1,08782581	-40,39878732	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-578,63141411	-578,62632798	-578,63141411	0,00000000	-578,62632798	1,08782581
	Eps0	-0,04425105	-0,04425123	-0,04425156	0,12797951	-0,04425105	0,00000000
	D II	13072893,68016000	13075938,00000000	13072893,68016000	0,00000000	13075945,92008000	0,12797951
	My	83,74608577	39,75690141	39,75690141	1,08782581	83,74608577	0,00000000
	Kz	0,15680214	0,07443674	0,07443674	1,08782581	0,15680214	0,00000000
	B II	533714,88114710	534103,16978950	533714,88114710	0,00000000	534104,12744600	0,12797951
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,09913180	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,01819837	1,08782581	0,01062970	0,00000000
	s.S.o	-18,25833839	-13,31645051	-18,25833839	0,00000000	-13,31645051	1,08782581
	s.S.u	0,55791875	-4,38404112	-4,38404112	1,08782581	0,55791875	0,00000000
	s.B.o	-0,89218619	-0,63273681	-0,89218619	0,00000000	-0,63273681	1,08782581
	s.B.u	0,09556151	-0,16378532	-0,16378532	1,08782581	0,09556151	0,00000000
15	Qz	1,91624341	1,88551193	1,88551193	0,54376925	1,91624341	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-683,71106333	-683,71114877	-683,71114877	0,54376925	-683,71106333	0,00000000
	Eps0	-0,05228773	-0,05228773	-0,05228773	0,54376925	-0,05228773	0,00000000
	D II	13075938,00001000	13075938,00000000	13075937,99999900	0,09595928	13075938,00001000	0,19191856
	My	43,63085527	44,66447263	43,63085527	0,00000000	44,66447263	0,54376925
	kz	0,08168994	0,08362518	0,08168994	0,00000000	0,08362518	0,54376925
	B II	534103,16993530	534103,17018590	534103,16981570	0,38383712	534103,17018590	0,54376925
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,08155654	0,54376925	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,02369625	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-15,35894153	-15,47505718	-15,47505718	0,54376925	-15,35894153	0,00000000
	s.S.u	-5,55614887	-5,44003583	-5,55614887	0,00000000	-5,44003583	0,54376925
	s.B.o	-0,72791284	-0,73400890	-0,73400890	0,54376925	-0,72791284	0,00000000
	s.B.u	-0,21326623	-0,20717028	-0,21326623	0,00000000	-0,20717028	0,54376925

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
16	Qz	-49,47129922	-49,49232772	-49,49391137	0,86349660	-49,47129922	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-660,25035555	-660,24877959	-660,25035555	0,00000000	-660,24866088	0,86349660
	Eps0	-0,05049354	-0,05049342	-0,05049354	0,00000000	-0,05049341	0,86349660
	D II	13075938,00000000	13075938,00000000	13075937,99988000	0,88748261	13075938,00028000	0,89547795
	My	42,54658079	-11,26210200	-11,26210200	1,08736608	42,54658079	0,00000000
	kz	0,07965985	-0,02108600	-0,02108600	1,08736608	0,07965985	0,00000000
	B II	534103,17006430	534103,17013600	534103,04155100	0,87149193	534103,26729000	0,87948727
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,07837449	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,05787352	1,08736608	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-14,87829861	-8,83352295	-14,87829861	0,00000000	-8,83352295	1,08736608
	s.S.u	-5,31911608	-11,36384353	-11,36384353	1,08736608	-5,31911608	0,00000000
	s.B.o	-0,70537037	-0,38801983	-0,70537037	0,00000000	-0,38801983	1,08736608
	s.B.u	-0,20351329	-0,52086166	-0,52086166	1,08736608	-0,20351329	0,00000000
17	Qz	0,82371534	0,82965966	0,82371534	0,00000000	0,82965966	0,54359636
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-751,32125745	-751,32125091	-751,32125745	0,00000000	-751,32125091	0,54359636
	Eps0	-0,05745831	-0,05745831	-0,05745831	0,00000000	-0,05745831	0,54359636
	D II	13075937,99998000	13075937,99996000	13075937,99996000	0,54359636	13075938,00006000	0,22383379
	My	-7,99806812	-7,54869406	-7,99806812	0,00000000	-7,54869406	0,54359636
	kz	-0,01497476	-0,01413340	-0,01497476	0,00000000	-0,01413340	0,54359636
	B II	534103,16889230	534103,16617310	534103,16457890	0,09592877	534103,17426590	0,41569133
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,05251162	0,54359636	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,06269947	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-10,59317561	-10,64365723	-10,64365723	0,54359636	-10,59317561	0,00000000
	s.S.u	-12,39014711	-12,33966530	-12,39014711	0,00000000	-12,33966530	0,54359636
	s.B.o	-0,46995426	-0,47260454	-0,47260454	0,54359636	-0,46995426	0,00000000
	s.B.u	-0,56429526	-0,56164497	-0,56429526	0,00000000	-0,56164497	0,54359636
18	Qz	-20,05923893	-20,02711174	-20,05923893	0,00000000	-20,02711174	1,08709015
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-697,90679353	-697,90771619	-697,90771619	1,08709015	-697,90679353	0,00000000
	Eps0	-0,05337336	-0,05337343	-0,05337343	1,08709015	-0,05337336	0,00000000
	D II	13075938,00002000	13075938,00001000	13075937,99997000	0,06394648	13075938,00003000	0,12789296
	My	-11,71885862	-33,50923814	-33,50923814	1,08709015	-11,71885862	0,00000000
	Kz	-0,02194119	-0,06273926	-0,06273926	1,08709015	-0,02194119	0,00000000
	B II	534103,16995770	534103,16996450	534103,16925560	0,70341128	534103,17171880	0,19183944
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,04569395	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,07533218	1,08709015	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-9,35820138	-6,91033118	-9,35820138	0,00000000	-6,91033118	1,08709015
	s.S.u	-11,99114407	-14,43904249	-14,43904249	1,08709015	-11,99114407	0,00000000
	s.B.o	-0,41124553	-0,28273224	-0,41124553	0,00000000	-0,28273224	1,08709015
	s.B.u	-0,54947502	-0,67798958	-0,67798958	1,08709015	-0,54947502	0,00000000
19	Qz	35,41587885	35,43270119	35,41587885	0,00000000	35,43270119	0,54406342
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-754,32404652	-754,32325651	-754,32404652	0,00000000	-754,32325651	0,54406342
	Eps0	-0,05768795	-0,05768789	-0,05768795	0,00000000	-0,05768789	0,54406342
	D II	13075938,00000000	13075937,99998000	13075937,99997000	0,35204103	13075938,00002000	0,51205969
	My	-31,52853282	-12,25591303	-31,52853282	0,00000000	-12,25591303	0,54406342
	kz	-0,05903079	-0,02294671	-0,05903079	0,00000000	-0,02294671	0,54406342
	B II	534103,16970880	534103,17172560	534103,16896770	0,51205969	534103,17172560	0,54406342
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,04965654	0,54406342	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,07834873	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-7,99574235	-10,16077487	-10,16077487	0,54406342	-7,99574235	0,00000000
	s.S.u	-15,07943732	-12,91438063	-15,07943732	0,00000000	-12,91438063	0,54406342
	s.B.o	-0,33324455	-0,44690885	-0,44690885	0,54406342	-0,33324455	0,00000000
	s.B.u	-0,70513854	-0,59147315	-0,70513854	0,00000000	-0,59147315	0,54406342

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
20	Qz	-7,72324618	-7,69232472	-7,72324618	0,00000000	-7,69232472	1,08667981
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-672,08429282	-672,08464744	-672,08464744	1,08667981	-672,08429282	0,00000000
	Eps0	-0,05139855	-0,05139858	-0,05139858	1,08667981	-0,05139855	0,00000000
	D II	13075937,99999000	13075937,99999000	13075937,99998000	0,76706810	13075938,00003000	0,19176702
	My	-18,42202270	-26,79852415	-26,79852415	1,08667981	-18,42202270	0,00000000
	kz	-0,03449151	-0,05017481	-0,05017481	1,08667981	-0,03449151	0,00000000
	B II	534103,16943360	534103,17017230	534103,16925770	0,19176702	534103,17033060	0,31961171
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,03932653	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,06895976	1,08667981	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-8,21022025	-7,26922754	-8,21022025	0,00000000	-7,26922754	1,08667981
	s.S.u	-12,34920097	-13,29020453	-13,29020453	1,08667981	-12,34920097	0,00000000
	s.B.o	-0,35393873	-0,30453658	-0,35393873	0,00000000	-0,30453658	1,08667981
	s.B.u	-0,57123522	-0,62063787	-0,62063787	1,08667981	-0,57123522	0,00000000
21	Qz	46,47810829	46,48733340	46,47810829	0,00000000	46,48733340	0,54396507
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-714,88652477	-714,88592494	-714,88652477	0,00000000	-714,88592494	0,54396507
	Eps0	-0,05467191	-0,05467187	-0,05467191	0,00000000	-0,05467187	0,54396507
	D II	13075937,99999000	13075938,00000000	13075937,999965000	0,53196584	13075938,00008000	0,47996918
	My	-25,31219673	-0,02776803	-25,31219673	0,00000000	-0,02776803	0,54396507
	kz	-0,04739196	-0,00005199	-0,04739196	0,00000000	-0,00005199	0,54396507
	B II	534103,17009860	534103,16814140	534102,98768490	0,53196584	534103,18394520	0,52796610
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,05465367	0,54396507	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,07125910	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-8,09086462	-10,93125372	-10,93125372	0,54396507	-8,09086462	0,00000000
	s.S.u	-13,77789997	-10,93749252	-13,77789997	0,00000000	-10,93749252	0,54396507
	s.B.o	-0,34276253	-0,49188302	-0,49188302	0,54396507	-0,34276253	0,00000000
	s.B.u	-0,64133188	-0,49221056	-0,64133188	0,00000000	-0,49221056	0,54396507
22	Qz	-13,95117026	-13,93442880	-13,95117026	0,00000000	-13,93442880	1,08797518
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-646,60179288	-646,60215388	-646,60215388	1,08797518	-646,60179288	0,00000000
	Eps0	-0,04944974	-0,04944977	-0,04944977	1,08797518	-0,04944974	0,00000000
	D II	13075938,00000000	13075937,99999000	13075937,99997000	0,19199562	13075938,00002000	0,83198102
	My	-5,12371660	-20,29419790	-20,29419790	1,08797518	-5,12371660	0,00000000
	Kz	-0,00959312	-0,03799677	-0,03799677	1,08797518	-0,00959312	0,00000000
	B II	534103,16736420	534103,17025500	534103,16736420	0,00000000	534103,17391430	0,25599416
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,04609215	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,06274864	1,08797518	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-9,31436161	-7,61014792	-9,31436161	0,00000000	-7,61014792	1,08797518
	s.S.u	-10,46553618	-12,16976091	-12,16976091	1,08797518	-10,46553618	0,00000000
	s.B.o	-0,41482937	-0,32535811	-0,41482937	0,00000000	-0,32535811	1,08797518
	s.B.u	-0,47526603	-0,56473779	-0,56473779	1,08797518	-0,47526603	0,00000000
23	Qz	35,73805753	35,74397341	35,73805753	0,00000000	35,74402047	0,49995269
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-714,09622754	-714,09593144	-714,09622754	0,00000000	-714,09592909	0,49995269
	Eps0	-0,05461147	-0,05461145	-0,05461147	0,00000000	-0,05461145	0,49995269
	D II	13075937,99999000	13075937,99997000	13075937,99977000	0,44795761	13075938,00037000	0,47995458
	My	-17,85467047	1,58618139	-17,85467047	0,00000000	1,58618139	0,54394853
	kz	-0,03342925	0,00296980	-0,03342925	0,00000000	0,00296980	0,54394853
	B II	534103,17101190	534103,16466540	534102,76984600	0,48395420	534103,26704270	0,47995458
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,05565088	0,54394853	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,06631171	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-8,91653925	-11,10047815	-11,10047815	0,54394853	-8,91653925	0,00000000
	s.S.u	-12,92804972	-10,74410176	-12,92804972	0,00000000	-10,74410176	0,54394853
	s.B.o	-0,38620110	-0,50085793	-0,50085793	0,54394853	-0,38620110	0,00000000
	s.B.u	-0,59680540	-0,48214817	-0,59680540	0,00000000	-0,48214817	0,54394853

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
24	Qz	-0,60696378	-0,60906152	-0,60906152	1,08700736	-0,60696378	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-717,23642387	-717,23642209	-717,23642387	0,00000000	-717,23642209	1,08700736
	Eps0	-0,05485162	-0,05485162	-0,05485162	0,00000000	-0,05485162	1,08700736
	D II	13075938,00008000	13075938,00001000	13075937,99964000	0,63941609	13075938,00039000	0,70335770
	My	1,76737593	1,10641056	1,10641056	1,08700736	1,76737593	0,00000000
	kz	0,00330905	0,00207153	0,00207153	1,08700736	0,00330905	0,00000000
	B II	534103,17889760	534103,17627930	534103,12768970	0,63941609	534103,24588270	0,83124092
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,05600979	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,05412659	1,08700736	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-11,16886784	-11,09461640	-11,16886784	0,00000000	-11,09461640	1,08700736
	s.S.u	-10,77178143	-10,84603281	-10,84603281	1,08700736	-10,77178143	0,00000000
	s.B.o	-0,50408813	-0,50018993	-0,50408813	0,00000000	-0,50018993	1,08700736
	s.B.u	-0,48324109	-0,48713929	-0,48713929	1,08700736	-0,48324109	0,00000000
25	Qz	50,11208126	50,09364089	50,09364089	0,54368557	50,11208126	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-874,75648990	-874,75754610	-874,75754610	0,54368557	-874,75648990	0,00000000
	Eps0	-0,06689818	-0,06689826	-0,06689826	0,54368557	-0,06689818	0,00000000
	D II	13075937,99999000	13075937,99999000	13075937,99998000	0,22387053	13075938,00002000	0,35179655
	My	7,08839291	34,32787207	7,08839291	0,00000000	34,32787207	0,54368557
	kz	0,01327158	0,06427199	0,01327158	0,00000000	0,06427199	0,54368557
	B II	534103,17580080	534103,16995710	534103,16920400	0,19188903	534103,17580080	0,00000000
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,08939346	0,54368557	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,06225313	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-14,17593134	-17,23597193	-17,23597193	0,54368557	-14,17593134	0,00000000
	s.S.u	-12,58334175	-9,52333348	-12,58334175	0,00000000	-9,52333348	0,54368557
	s.B.o	-0,64388912	-0,80454113	-0,80454113	0,54368557	-0,64388912	0,00000000
	s.B.u	-0,56027817	-0,39962761	-0,56027817	0,00000000	-0,39962761	0,54368557
26	Qz	-100,64002599	-100,63434213	-100,66830731	0,51982074	-100,63434213	1,08762494
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-1114,55739489	-1114,55790810	-1114,55790810	1,08762494	-1114,55484084	0,51982074
	Eps0	-0,08523728	-0,08523732	-0,08523732	1,08762494	-0,08523709	0,51982074
	D II	13075938,00000000	13075938,00000000	13075937,99991000	0,54381247	13075938,00007000	0,55980695
	My	52,23081981	-57,23787905	-57,23787905	1,08762494	52,23081981	0,00000000
	Kz	0,09779163	-0,10716633	-0,10716633	1,08762494	0,09779163	0,00000000
	B II	534103,17001010	534103,17013080	534103,12894960	0,55980695	534103,17660240	0,55180971
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,11946435	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,12274554	1,08762494	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-22,91495392	-10,61748387	-22,91495392	0,00000000	-10,61748387	1,08762494
	s.S.u	-11,17995827	-23,47744402	-23,47744402	1,08762494	-11,17995827	0,00000000
	s.B.o	-1,07517916	-0,42956192	-1,07517916	0,00000000	-0,42956192	1,08762494
	s.B.u	-0,45909189	-1,10470983	-1,10470983	1,08762494	-0,45909189	0,00000000
27	Qz	-45,09490446	-45,01056746	-45,09490446	0,00000000	-45,01056746	0,54353105
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-1616,35630165	-1616,35865237	-1616,35865237	0,54353105	-1616,35630165	0,00000000
	Eps0	-0,12361303	-0,12361321	-0,12361321	0,54353105	-0,12361303	0,00000000
	D II	13075937,99999000	13075938,00001000	13075937,99998000	0,51155863	13075938,00002000	0,09591724
	My	-39,02507951	-63,51143728	-63,51143728	0,54353105	-39,02507951	0,00000000
	kz	-0,07306656	-0,11891230	-0,11891230	0,54353105	-0,07306656	0,00000000
	B II	534103,17004260	534103,17013900	534103,16990730	0,19183449	534103,17016640	0,35169656
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,09803973	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,16523251	0,54353105	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-20,33861238	-17,58790363	-20,33861238	0,00000000	-17,58790363	0,54353105
	s.S.u	-29,10659917	-31,85737983	-31,85737983	0,54353105	-29,10659917	0,00000000
	s.B.o	-0,88235761	-0,73794513	-0,88235761	0,00000000	-0,73794513	0,54353105
	s.B.u	-1,34267691	-1,48709263	-1,48709263	0,54353105	-1,34267691	0,00000000

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
28	Qz	-377,87614401	-526,89909634	-526,89909634	1,10415805	-377,87614401	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-1297,12089810	-951,35072679	-1297,12089810	0,00000000	-951,35072679	1,10415805
	Eps0	-0,02434179	-0,01785307	-0,02434179	0,00000000	-0,01785307	1,10415805
	D II	53287808,00078000	53287807,99998000	53287807,99964000	0,12990095	53287808,00103000	0,00000000
	My	-61,01048159	-560,50761280	-560,50761280	1,10415805	-61,01048159	0,00000000
	kz	-0,00025083	-0,00230438	-0,00230438	1,10415805	-0,00025083	0,00000000
	B II	243220149,38080000	243143679,00510000	243143678,99160000	1,10415805	243235591,68400000	0,45465331
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,02341373	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,02637928	1,10415805	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-4,68776226	-1,91145838	-4,68776230	0,00000000	-1,91145838	1,10415805
	s.S.u	-5,04895574	-5,22976783	-5,22976783	1,10415805	-5,04494712	0,12990095
	s.B.o	-0,11238590	-0,04476890	-0,11238590	0,00000000	-0,04476890	1,10415805
	s.B.u	-0,12129534	-0,12662053	-0,12662053	1,10415805	-0,12127600	0,06495047
29	Qz	-342,43538077	-416,49614394	-416,49614394	0,55347809	-342,43538077	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-1483,23280355	-1346,09620964	-1483,23280355	0,00000000	-1346,09620964	0,55347809
	Eps0	-0,03089566	-0,02803911	-0,03089566	0,00000000	-0,02803911	0,55347809
	D II	48007800,00003000	48007799,99997000	48007799,99994000	0,19534521	48007800,00008000	0,26046028
	My	-578,52796522	-788,54778988	-788,54778988	0,55347809	-578,52796522	0,00000000
	kz	-0,00352944	-0,00481071	-0,00481071	0,55347809	-0,00352944	0,00000000
	B II	163914957,99670000	163912436,14490000	163912436,14490000	0,55347809	163914958,00750000	0,03255753
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,01960146	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,04343340	0,55347809	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-3,99087994	-2,62518099	-3,99087994	0,00000000	-2,62518099	0,55347809
	s.S.u	-8,36738521	-8,59046488	-8,59046488	0,55347809	-8,36738521	0,00000000
	s.B.o	-0,09800728	-0,06322417	-0,09800728	0,00000000	-0,06322417	0,55347809
	s.B.u	-0,21094935	-0,21716698	-0,21716698	0,55347809	-0,21094935	0,00000000
30	Qz	-45,23646678	-190,79046297	-190,79046297	1,10470720	-45,23646678	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-1596,52915236	-1375,19872196	-1596,52915236	0,00000000	-1375,19872196	1,10470720
	Eps0	-0,03595155	-0,03096750	-0,03595155	0,00000000	-0,03096750	1,10470720
	D II	44407799,99998000	44407799,99997000	44407799,99994000	0,45487944	44407800,00005000	0,84477609
	My	-805,75259023	-936,11847241	-936,11847241	1,10470720	-805,75259023	0,00000000
	Kz	-0,00621086	-0,00721574	-0,00721574	1,10470720	-0,00621086	0,00000000
	B II	129732832,00070000	129726795,55450000	129726795,55450000	1,10470720	129732832,00270000	0,38989666
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,01756740	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,05433570	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-3,71222742	-2,15268601	-3,71222742	0,00000000	-2,15268601	1,10470720
	s.S.u	-10,66839177	-10,23431557	-10,66839177	0,00000000	-10,23431557	1,10470720
	s.B.o	-0,08783700	-0,04804456	-0,08783700	0,00000000	-0,04804456	1,10470720
	s.B.u	-0,27167848	-0,26163048	-0,27167848	0,00000000	-0,26163048	1,10470720
31	Qz	-37,74834206	-116,22118630	-116,22118630	0,55239298	-37,74834206	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-1544,33322820	-1445,26603020	-1544,33322820	0,00000000	-1445,26603020	0,55239298
	Eps0	-0,03959037	-0,03705069	-0,03959037	0,00000000	-0,03705069	0,55239298
	D II	39007800,00001000	39007800,00001000	39007799,99998000	0,48740557	39007800,00003000	0,06498741
	My	-942,00637175	-984,53055756	-984,53055756	0,55239298	-942,00637175	0,00000000
	kz	-0,01071329	-0,01119691	-0,01119691	0,55239298	-0,01071329	0,00000000
	B II	87928749,99970000	87928749,99718000	87928749,99660000	0,55239298	87928750,00551000	0,29244334
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,01173581	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,06744493	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-2,56142798	-1,81168218	-2,56142798	0,00000000	-1,81168218	0,55239298
	s.S.u	-13,27471995	-13,00859510	-13,27471995	0,00000000	-13,00859510	0,55239298
	s.B.o	-0,05867905	-0,03969360	-0,05867905	0,00000000	-0,03969360	0,55239298
	s.B.u	-0,33722464	-0,33081333	-0,33722464	0,00000000	-0,33081333	0,55239298

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
32	Qz	107,97972172	-42,08803100	-42,08803100	1,10497964	107,97972172	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-1447,42936004	-1288,24377655	-1447,42936004	0,00000000	-1288,24377655	1,10497964
	Eps0	-0,04194499	-0,03733196	-0,04194499	0,00000000	-0,03733196	1,10497964
	D II	34507799,99999900	34507799,99999900	34507799,99999800	0,25999521	34507800,00002000	0,06499880
	My	-984,81241191	-948,40883837	-984,81241191	0,00000000	-941,88768116	0,79623533
	kz	-0,01617821	-0,01558019	-0,01617821	0,00000000	-0,01547306	0,79623533
	B II	60872752,00063000	60872752,00146000	60872751,99750000	0,78811048	60872752,00230000	0,19499641
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,00473510	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,07915488	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-1,27058401	-0,61110968	-1,27058401	0,00000000	-0,61110968	1,10497964
	s.S.u	-15,50741238	-14,32167394	-15,50741238	0,00000000	-14,32167394	1,10497964
	s.B.o	-0,02367549	-0,00748765	-0,02367549	0,00000000	-0,00748765	1,10497964
	s.B.u	-0,39577442	-0,36583194	-0,39577442	0,00000000	-0,36583194	1,10497964
33	Qz	85,46954656	9,61432228	9,61432228	0,55250158	85,46954656	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-1354,47898373	-1287,06514757	-1354,47898373	0,00000000	-1287,06514757	0,55250158
	Eps0	-0,04513756	-0,04289100	-0,04513756	0,00000000	-0,04289100	0,55250158
	D II	30007800,00000000	30007446,36355000	30007446,36355000	0,55250158	30007800,00000000	0,00000000
	My	-950,85986043	-924,59392804	-950,85986043	0,00000000	-924,59392804	0,55250158
	kz	-0,02375477	-0,02309862	-0,02375477	0,00000000	-0,02309862	0,55250158
	B II	40028158,00033000	40027467,60273000	40027467,60256000	0,55250158	40028158,00054000	0,00000000
	eps,o	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00330625	0,55250158
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,09264711	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-0,00069849	0,19927726	-0,00069849	0,00000000	0,19927726	0,55250158
	s.S.u	-18,05432699	-17,35567580	-18,05432699	0,00000000	-17,35567580	0,55250158
	s.B.o	0,01185992	0,01652465	0,01184486	0,03250009	0,01652465	0,55250158
	s.B.u	-0,46323556	-0,44544121	-0,46323556	0,00000000	-0,44544121	0,55250158
34	Qz	236,03167450	95,71914485	95,71914485	1,10480587	236,03167450	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-1206,14336007	-1101,60570304	-1206,14336007	0,00000000	-1101,60570304	1,10480587
	Eps0	-0,04593172	-0,04195331	-0,04593172	0,00000000	-0,04195331	1,10480587
	D II	26241164,84850000	26255796,36500000	26241164,84849000	0,00000000	26255796,36500000	1,10480587
	My	-919,51186592	-736,25839367	-919,51186592	0,00000000	-736,25839367	1,10480587
	Kz	-0,03429326	-0,02745532	-0,03429326	0,00000000	-0,02745532	1,10480587
	B II	26778778,60775000	26813485,02776000	26778778,60775000	0,00000000	26813485,02776000	1,10480587
	eps,o	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,01408148	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,10594492	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	1,78749897	0,39504108	0,39504107	1,10480587	1,78749897	0,00000000
	s.S.u	-20,16018589	-17,17636619	-20,16018589	0,00000000	-17,17636619	1,10480587
	s.B.o	0,07015571	0,03044345	0,03044345	1,10480587	0,07015571	0,00000000
	s.B.u	-0,52972459	-0,45000065	-0,52972459	0,00000000	-0,45000065	1,10480587
35	Qz	200,55710261	131,29931496	131,29931496	0,55226805	200,55710261	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-1132,95142482	-1090,20951104	-1132,95142482	0,00000000	-1090,20951104	0,55226805
	Eps0	-0,05033212	-0,04843625	-0,05033212	0,00000000	-0,04843625	0,55226805
	D II	22491212,51025000	22502700,02777000	22491212,51023000	0,00000000	22502700,02778000	0,55226805
	My	-737,86212256	-646,22956332	-737,86212256	0,00000000	-646,22956332	0,55226805
	kz	-0,04369264	-0,03826178	-0,04369264	0,00000000	-0,03826178	0,55226805
	B II	16860943,88096000	16881287,03374000	16860943,88096000	0,00000000	16881287,03374000	0,55226805
	eps,o	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,01520683	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,11587108	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	2,16751296	1,02604917	1,02604917	0,55226805	2,16751296	0,00000000
	s.S.u	-22,30036275	-20,40054829	-22,30036275	0,00000000	-20,40054829	0,55226805
	s.B.o	0,07570453	0,04469022	0,04469022	0,55226805	0,07570453	0,00000000
	s.B.u	-0,57935539	-0,52914460	-0,57935539	0,00000000	-0,52914460	0,55226805

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
36	Qz	325,13162787	198,14270918	198,14270918	1,10461984	325,13162787	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-986,30213120	-922,47284796	-986,30213120	0,00000000	-922,47284796	1,10461984
	Eps0	-0,05079791	-0,04765381	-0,05079791	0,00000000	-0,04765381	1,10461984
	D II	18560483,80080000	19357800,00001000	18560480,55988000	0,00000000	19357800,00001000	0,97466457
	My	-640,01715947	-351,01862411	-640,01715947	0,00000000	-351,01862411	1,10461984
	kz	-0,05990833	-0,03266907	-0,05990833	0,00000000	-0,03266907	1,10461984
	B II	9641641,84538600	10744676,99997000	9641637,68213700	0,00000000	10744677,00023000	1,10461984
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,00551070	1,10461984	0,02648384	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,12807965	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	4,21841337	-1,69018400	-1,69018400	1,10461984	4,21841755	0,00000000
	s.S.u	-24,53757789	-17,37133845	-24,53757974	0,00000000	-17,37133845	1,10461984
	s.B.o	0,09931867	-0,02755352	-0,02755352	1,10461984	0,09938008	0,12995528
	s.B.u	-0,64039819	-0,44898454	-0,64039824	0,00000000	-0,44898454	1,10461984
37	Qz	289,78237196	227,03803532	227,03803532	0,55300271	289,78237196	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-957,87374039	-932,97153873	-957,87374039	0,00000000	-932,97153873	0,55300271
	Eps0	-0,05599047	-0,05453486	-0,05599047	0,00000000	-0,05453486	0,55300271
	D II	17107800,00000000	17107800,00001000	17107799,99999000	0,48794357	17107800,00001000	0,55300271
	My	-353,13824596	-210,24409168	-353,13824596	0,00000000	-210,24409168	0,55300271
	kz	-0,04761637	-0,02834884	-0,04761637	0,00000000	-0,02834884	0,55300271
	B II	7416319,50011800	7416319,49941600	7416319,49941600	0,55300271	7416319,50025200	0,32529571
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,02221718	0,55300271	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,11027314	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-1,19865512	-4,95371527	-4,95371527	0,55300271	-1,19865512	0,00000000
	s.S.u	-21,19753236	-16,86023015	-21,19753236	0,00000000	-16,86023015	0,55300271
	s.B.o	-0,00853901	-0,11108590	-0,11108590	0,55300271	-0,00853901	0,00000000
	s.B.u	-0,55136568	-0,43426273	-0,55136568	0,00000000	-0,43426273	0,55300271
38	Qz	387,19764532	31,31848582	31,31848582	1,10446956	387,19764532	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-849,61568267	-743,06095696	-849,61568267	0,00000000	-743,06095696	1,10446956
	Eps0	-0,05776633	-0,05052156	-0,05776633	0,00000000	-0,05052156	1,10446956
	D II	14707800,00001000	14707800,00000000	14707799,99997000	0,55432143	14707800,00008000	0,56247321
	My	-206,07546736	111,43357684	-206,07546736	0,00000000	111,43357684	1,10446956
	Kz	-0,04373160	0,02364750	-0,04373160	0,00000000	0,02364750	1,10446956
	B II	4712278,00004800	4712277,99986400	4712277,98054800	0,56247321	4712278,01051800	0,53801786
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,07733336	0,91300000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,10062330	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-3,68157833	-14,36086076	-15,11523173	0,91300000	-3,68157833	0,00000000
	s.S.u	-19,42495515	-5,84776207	-19,42495515	0,00000000	-5,84776207	1,10446956
	s.B.o	-0,07454682	-0,36848052	-0,36866682	0,91300000	-0,07454682	0,00000000
	s.B.u	-0,50311652	-0,13673505	-0,50311652	0,00000000	-0,13673505	1,10446956
39	Qz	113,30039063	55,55593885	55,55593885	0,55247172	113,30039063	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-825,35710273	-813,41937064	-825,35710273	0,00000000	-813,41937064	0,55247172
	Eps0	-0,06213728	-0,06123855	-0,06213728	0,00000000	-0,06123855	0,55247172
	D II	13282800,00000000	13282800,00000000	13282799,99999000	0,09749501	13282800,00000000	0,00000000
	My	108,22121317	154,86276325	108,22121317	0,00000000	154,86276325	0,55247172
	kz	0,03118082	0,04461923	0,03118082	0,00000000	0,04461923	0,55247172
	B II	3470762,62510500	3470762,62491000	3470762,62464900	0,22748835	3470762,62540100	0,09749501
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,10072657	0,55247172	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,03454226	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-17,41638727	-19,38678652	-19,38678652	0,55247172	-17,41638727	0,00000000
	s.S.u	-7,43852593	-5,10863224	-7,43852593	0,00000000	-5,10863224	0,55247172
	s.B.o	-0,44866153	-0,50363284	-0,50363284	0,55247172	-0,44866153	0,00000000
	s.B.u	-0,17271130	-0,10875263	-0,17271130	0,00000000	-0,10875263	0,55247172

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
40	Qz	234,58318983	-126,14566527	-126,14566527	1,10543566	234,58318983	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-771,88367494	-729,89202713	-771,88367494	0,00000000	-729,89202713	1,10543566
	Eps0	-0,06309951	-0,05940990	-0,06309951	0,00000000	-0,05880462	0,85700000
	D II	12232799,99999000	11554054,76721000	10591042,37427000	0,85700000	12232800,00000000	0,00000000
	My	156,83383173	292,32458336	156,83383173	0,00000000	320,52366053	0,85700000
	kz	0,05784869	0,10873103	0,05784869	0,00000000	0,12198809	0,85700000
	B II	2711104,37499700	2317640,93853300	1954671,72832800	0,85700000	2711104,37502900	0,19776923
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,16000393	0,85700000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,01595283	0,00000000	0,04061567	0,85700000
	s.S.o	-21,29720505	-28,19163419	-30,42975594	0,85700000	-21,29720505	0,00000000
	s.S.u	-3,94259859	4,42767529	-3,94259859	0,00000000	6,53728179	0,85700000
	s.B.o	-0,55123095	-0,74012844	-0,80001967	0,85700000	-0,55123095	0,00000000
	s.B.u	-0,07976414	0,09934488	-0,07976414	0,00000000	0,09945011	0,59330769
41	Qz	-41,62733602	-98,15677069	-98,15677069	0,55223184	-41,62733602	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-840,15469925	-838,51493113	-840,15469925	0,00000000	-838,51493113	0,55223184
	Eps0	-0,07443367	-0,07448108	-0,07453194	0,29235803	-0,07443367	0,00000000
	D II	10771807,36297000	11253038,62134000	10771807,25897000	0,00000000	11253038,62135000	0,55223184
	My	288,77805974	250,18390214	250,18390214	0,55223184	288,77805974	0,00000000
	kz	0,13740753	0,11839851	0,11839851	0,55223184	0,13740753	0,00000000
	B II	1863224,90025700	2110599,33546700	1863224,85741400	0,00000000	2110599,33546700	0,55223184
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,17748932	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,02862198	0,00000000
	s.S.o	-34,12378898	-31,47200796	-34,12378911	0,00000000	-31,47200796	0,55223184
	s.S.u	4,35031978	1,67957521	1,67957521	0,55223184	4,35032008	0,00000000
	s.B.o	-0,88744661	-0,81639983	-0,88744661	0,00000000	-0,81639983	0,55223184
	s.B.u	0,09934577	0,07134853	0,07134853	0,55223184	0,09944739	0,35732648
42	Qz	98,19106594	41,66163093	41,66163093	0,55223184	98,19106594	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-838,50891416	-840,14868208	-840,14868208	0,55223184	-838,50891416	0,00000000
	Eps0	-0,07448055	-0,07443277	-0,07453136	0,25987380	-0,07443277	0,55223184
	D II	11253038,05613000	10771242,13280000	10771242,10810000	0,55223184	11253038,05613000	0,00000000
	My	250,18426771	288,79736233	250,18426771	0,00000000	288,79736233	0,55223184
	Kz	0,11839869	0,13741806	0,11839869	0,00000000	0,13741806	0,55223184
	B II	2110599,05860200	1862992,46444800	1862992,45429600	0,55223184	2110599,05860700	0,00000000
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,17749632	0,55223184	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,02863077	0,55223184
	s.S.o	-31,47192539	-34,12508284	-34,12508287	0,55223184	-31,47192539	0,00000000
	s.S.u	1,67970656	4,35197330	1,67970656	0,00000000	4,35197337	0,55223184
	s.B.o	-0,81639781	-0,88748159	-0,88748159	0,55223184	-0,81639781	0,00000000
	s.B.u	0,07135183	0,09934566	0,07135183	0,00000000	0,09944735	0,19490535
43	Qz	126,18005142	-234,54879074	-234,54879074	1,10543566	126,18005142	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-729,87653553	-771,86817365	-771,86817365	1,10543566	-729,87653553	0,00000000
	Eps0	-0,05940818	-0,06309824	-0,06309824	1,10543566	-0,05880336	0,24800000
	D II	11553304,11742000	12232800,00000000	10591401,22524000	0,24800000	12232800,00000000	1,10543566
	My	292,34407683	156,78314785	156,78314785	1,10543566	320,50771862	0,24800000
	kz	0,10873980	0,05782999	0,05782999	1,10543566	0,12198080	0,24800000
	B II	2317301,52387900	2711104,37499500	1954785,75574300	0,24800000	2711104,37499500	1,10543566
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,15999686	0,24800000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,01596680	1,10543566	0,04061099	0,24800000
	s.S.o	-28,19260475	-21,29414738	-30,42843132	0,24800000	-21,29414738	1,10543566
	s.S.u	4,42933327	-3,94514939	-3,94514939	1,10543566	6,53644728	0,24800000
	s.B.o	-0,74015555	-0,55114843	-0,79998427	0,24800000	-0,55114843	1,10543566
	s.B.u	0,09934477	-0,07983399	-0,07983399	1,10543566	0,09945016	0,51182636

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
44	Qz	-55,52698351	-113,27142957	-113,27142957	0,55247172	-55,52698351	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-813,39601311	-825,33374480	-825,33374480	0,55247172	-813,39601311	0,00000000
	Eps0	-0,06123679	-0,06213552	-0,06213552	0,55247172	-0,06123679	0,00000000
	D II	13282800,00001000	13282800,00001000	13282799,99999000	0,12999335	13282800,00001000	0,25998669
	My	154,81239385	108,18684134	108,18684134	0,55247172	154,81239385	0,00000000
	kz	0,04460472	0,03117091	0,03117091	0,55247172	0,04460472	0,00000000
	B II	3470762,62508600	3470762,62472500	3470762,62450000	0,55247172	3470762,62525300	0,29248503
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,10071197	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,03454927	0,55247172	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-19,38411283	-17,41445105	-19,38411283	0,00000000	-17,41445105	0,55247172
	s.S.u	-5,11060254	-7,43975875	-7,43975875	0,55247172	-5,11060254	0,00000000
	s.B.o	-0,50355983	-0,44860891	-0,50355983	0,00000000	-0,44860891	0,55247172
	s.B.u	-0,10880806	-0,17274633	-0,17274633	0,55247172	-0,10880806	0,00000000
45	Qz	-31,29123622	-387,17037590	-387,17037590	1,10446956	-31,29123622	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-743,03117154	-849,58589879	-849,58589879	1,10446956	-743,03117154	0,00000000
	Eps0	-0,05051953	-0,05776431	-0,05776431	1,10446956	-0,05051953	0,00000000
	D II	14707800,00000000	14707800,00000000	14707799,99986000	0,56617500	14707800,00010000	0,54170706
	My	111,39939273	-206,19199868	-206,19199868	1,10446956	111,39939273	0,00000000
	kz	0,02364024	-0,04375633	-0,04375633	1,10446956	0,02364024	0,00000000
	B II	4712277,99955400	4712277,99996600	4712277,98378600	0,56617500	4712278,11029600	0,54170706
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,07732933	0,19100000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,10064551	1,10446956	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-14,35914996	-3,67672205	-15,11444143	0,19100000	-3,67672205	1,10446956
	s.S.u	-5,84866281	-19,42900142	-19,42900142	1,10446956	-5,84866281	0,00000000
	s.B.o	-0,36843485	-0,07441552	-0,36864666	0,19100000	-0,07441552	1,10446956
	s.B.u	-0,13676047	-0,50322757	-0,50322757	1,10446956	-0,13676047	0,00000000
46	Qz	-227,01927831	-289,76360744	-289,76360744	0,55300271	-227,01927831	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-932,94435617	-957,84656001	-957,84656001	0,55300271	-932,94435617	0,00000000
	Eps0	-0,05453327	-0,05598888	-0,05598888	0,55300271	-0,05453327	0,00000000
	D II	17107800,00000000	17107800,00000000	17107799,99999000	0,32529571	17107800,00001000	0,06505914
	My	-210,36099850	-353,24477877	-353,24477877	0,55300271	-210,36099850	0,00000000
	Kz	-0,02836461	-0,04763074	-0,04763074	0,55300271	-0,02836461	0,00000000
	B II	7416319,50016600	7416319,50013600	7416319,49964600	0,16264786	7416319,50032700	0,00000000
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,02219762	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,11028792	0,55300271	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-4,95008716	-1,19532079	-4,95008716	0,00000000	-1,19532079	0,55300271
	s.S.u	-16,86322270	-21,20023118	-21,20023118	0,55300271	-16,86322270	0,00000000
	s.B.o	-0,11098811	-0,00844919	-0,11098811	0,00000000	-0,00844919	0,55300271
	s.B.u	-0,43434464	-0,55143961	-0,55143961	0,55300271	-0,43434464	0,00000000
47	Qz	-198,12685181	-325,11576780	-325,11576780	1,10461984	-198,12685181	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-922,44588418	-986,27516909	-986,27516909	1,10461984	-922,44588418	0,00000000
	Eps0	-0,04765241	-0,05079591	-0,05079591	1,10461984	-0,04765241	0,00000000
	D II	19357800,00000000	18558381,84635000	18558381,55368000	1,10461984	19357800,00000000	0,12995528
	My	-351,12511843	-640,10613039	-640,10613039	1,10461984	-351,12511843	0,00000000
	kz	-0,03267898	-0,05991795	-0,05991795	1,10461984	-0,03267898	0,00000000
	B II	10744676,99972000	9638941,29763000	9638940,92192800	1,10461984	10744677,00042000	0,00000000
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,00549652	0,00000000	0,02649824	1,10461984
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,12809006	1,10461984	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-1,68752669	4,22112565	-1,68752669	0,00000000	4,22112603	1,10461984
	s.S.u	-17,37343859	-24,53948901	-24,53948918	1,10461984	-17,37343859	0,00000000
	s.B.o	-0,02748262	0,09931849	-0,02748262	0,00000000	0,09937992	0,97466457
	s.B.u	-0,44904151	-0,64045030	-0,64045031	1,10461984	-0,44904151	0,00000000

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
48	Qz	-131,27478061	-200,53256506	-200,53256506	0,55226805	-131,27478061	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-1090,19010261	-1132,93201734	-1132,93201734	0,55226805	-1090,19010261	0,00000000
	Eps0	-0,04843538	-0,05033126	-0,05033126	0,55226805	-0,04843538	0,00000000
	D II	22502687,19456000	22491194,57301000	22491194,57300000	0,55226805	22502687,19456000	0,00000000
	My	-646,31898156	-737,93799105	-737,93799105	0,55226805	-646,31898156	0,00000000
	kz	-0,03826708	-0,04369714	-0,04369714	0,55226805	-0,03826708	0,00000000
	B II	16881263,65082000	16860913,21231000	16860913,21228000	0,55226805	16881263,65082000	0,00000000
	eps,o	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,01521445	0,55226805
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,11587696	0,55226805	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	1,02770575	2,16894734	1,02770575	0,00000000	2,16894734	0,55226805
	s.S.u	-20,40185897	-22,30144984	-22,30144984	0,55226805	-20,40185897	0,00000000
	s.B.o	0,04473405	0,07574226	0,04473405	0,00000000	0,07574226	0,55226805
	s.B.u	-0,52918001	-0,57938481	-0,57938481	0,55226805	-0,52918001	0,00000000
49	Qz	-95,69684510	-236,00937052	-236,00937052	1,10480587	-95,69684510	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-1101,58830024	-1206,12595947	-1206,12595947	1,10480587	-1101,58830024	0,00000000
	Eps0	-0,04195265	-0,04593105	-0,04593105	1,10480587	-0,04195265	0,00000000
	D II	26255787,58574000	26241154,06825000	26241154,06822000	1,10480587	26255787,58574000	0,00000000
	My	-736,33440592	-919,56323989	-919,56323989	1,10480587	-736,33440592	0,00000000
	kz	-0,02745816	-0,03429518	-0,03429518	1,10480587	-0,02745816	0,00000000
	B II	26813470,43698000	26778753,99715000	26778753,99715000	1,10480587	26813470,43698000	0,00000000
	eps,o	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,01408551	1,10480587
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,10594761	1,10480587	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	0,39608112	1,78824646	0,39608112	0,00000000	1,78824646	1,10480587
	s.S.u	-17,17714087	-20,16066720	-20,16066721	1,10480587	-17,17714087	0,00000000
	s.B.o	0,03047149	0,07017566	0,03047149	0,00000000	0,07017566	1,10480587
	s.B.u	-0,45002214	-0,52973806	-0,52973806	1,10480587	-0,45002214	0,00000000
50	Qz	-9,59478632	-85,45000864	-85,45000864	0,55250158	-9,59478632	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-1287,04881802	-1354,46265544	-1354,46265544	0,55250158	-1287,04881802	0,00000000
	Eps0	-0,04289045	-0,04513702	-0,04513702	0,55250158	-0,04289045	0,00000000
	D II	30007444,65058000	30007800,00000000	30007444,65057000	0,00000000	30007800,00001000	0,55250158
	My	-924,64552292	-950,90066158	-950,90066158	0,55250158	-924,64552292	0,00000000
	Kz	-0,02309991	-0,02375579	-0,02375579	0,55250158	-0,02309991	0,00000000
	B II	40027464,27228000	40028157,99968000	40027464,27228000	0,00000000	40028157,99995000	0,55250158
	eps,o	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00330937	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,09264861	0,55250158	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	0,19987598	-0,00020232	-0,00020232	0,55250158	0,19987599	0,00000000
	s.S.u	-17,35605681	-18,05460550	-18,05460550	0,55250158	-17,35605681	0,00000000
	s.B.o	0,01654024	0,01187284	0,01185794	0,52000149	0,01654024	0,00000000
	s.B.u	-0,44545138	-0,46324303	-0,46324303	0,55250158	-0,44545138	0,00000000
51	Qz	42,10583626	-107,96191275	-107,96191275	1,10497964	42,10583626	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-1288,22783810	-1447,41342433	-1447,41342433	1,10497964	-1288,22783810	0,00000000
	Eps0	-0,03733150	-0,04194453	-0,04194453	1,10497964	-0,03733150	0,00000000
	D II	34507800,00001000	34507799,99999000	34507799,99998000	0,12999760	34507800,00002000	0,32499401
	My	-948,44971510	-984,83361286	-984,83361286	1,10497964	-941,92306064	0,30874431
	kz	-0,01558086	-0,01617856	-0,01617856	1,10497964	-0,01547364	0,30874431
	B II	60872752,00128000	60872751,99884000	60872751,99783000	0,00000000	60872752,00238000	1,03998084
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,00473384	1,10497964	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,07915522	1,10497964	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-0,61072184	-1,27033841	-1,27033841	1,10497964	-0,61072184	0,00000000
	s.S.u	-14,32187703	-15,50747327	-15,50747327	1,10497964	-14,32187703	0,00000000
	s.B.o	-0,00747762	-0,02366918	-0,02366918	1,10497964	-0,00747762	0,00000000
	s.B.u	-0,36583735	-0,39577611	-0,39577611	1,10497964	-0,36583735	0,00000000

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
52	Qz	116,24075935	37,76791719	37,76791719	0,55239298	116,24075935	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-1445,24966037	-1544,31685985	-1544,31685985	0,55239298	-1445,24966037	0,00000000
	Eps0	-0,03705027	-0,03958995	-0,03958995	0,55239298	-0,03705027	0,00000000
	D II	39007799,99998000	39007799,99999000	39007799,99997000	0,16246852	39007800,00002000	0,03249370
	My	-984,55184841	-942,01685040	-984,55184841	0,00000000	-942,01685040	0,55239298
	kz	-0,01119716	-0,01071341	-0,01119716	0,00000000	-0,01071341	0,55239298
	B II	87928750,00351000	87928749,99601000	87928749,99601000	0,55239298	87928750,00351000	0,00000000
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,01173508	0,55239298	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,06744482	0,55239298	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-1,81147718	-2,56128447	-2,56128447	0,55239298	-1,81147718	0,00000000
	s.S.u	-13,00863224	-13,27469562	-13,27469562	0,55239298	-13,00863224	0,00000000
	s.B.o	-0,03968835	-0,05867541	-0,05867541	0,55239298	-0,03968835	0,00000000
	s.B.u	-0,33081438	-0,33722410	-0,33722410	0,55239298	-0,33081438	0,00000000
53	Qz	190,80835425	45,25436249	45,25436249	1,10470720	190,80835425	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-1375,18249324	-1596,51292650	-1596,51292650	1,10470720	-1375,18249324	0,00000000
	Eps0	-0,03096714	-0,03595118	-0,03595118	1,10470720	-0,03096714	0,00000000
	D II	44407799,99997000	44407800,00000000	44407799,99996000	0,19494833	44407800,00003000	0,12996555
	My	-936,12902036	-805,74337168	-936,12902036	0,00000000	-805,74337168	1,10470720
	kz	-0,00721582	-0,00621079	-0,00721582	0,00000000	-0,00621079	1,10470720
	B II	129726793,10960000	129732832,00080000	129726793,10960000	0,00000000	129732832,00320000	0,77979332
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,01756724	1,10470720	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,05433512	1,10470720	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-2,15256739	-3,71219414	-3,71219414	1,10470720	-2,15256739	0,00000000
	s.S.u	-10,23428801	-10,66827890	-10,66827890	1,10470720	-10,23428801	0,00000000
	s.B.o	-0,04804153	-0,08783622	-0,08783622	1,10470720	-0,04804153	0,00000000
	s.B.u	-0,26162986	-0,27167560	-0,27167560	1,10470720	-0,26162986	0,00000000
54	Qz	416,49258809	342,43182766	342,43182766	0,55347809	416,49258809	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-1346,08322001	-1483,21981546	-1483,21981546	0,55347809	-1346,08322001	0,00000000
	Eps0	-0,02803884	-0,03089539	-0,03089539	0,55347809	-0,02803884	0,00000000
	D II	48007799,99998000	48007799,99996000	48007799,99992000	0,48836302	48007800,00009000	0,13023014
	My	-788,53882985	-578,52097240	-788,53882985	0,00000000	-578,52097240	0,55347809
	Kz	-0,00481066	-0,00352940	-0,00481066	0,00000000	-0,00352940	0,55347809
	B II	163912435,88660000	163914957,99250000	163912435,88650000	0,00000000	163914958,00700000	0,55347809
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,01960132	0,55347809	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,04343295	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-2,62516076	-3,99085228	-3,99085228	0,55347809	-2,62516076	0,00000000
	s.S.u	-8,59037688	-8,36730465	-8,59037688	0,00000000	-8,36730465	0,55347809
	s.B.o	-0,06322369	-0,09800661	-0,09800661	0,55347809	-0,06322369	0,00000000
	s.B.u	-0,21716475	-0,21094731	-0,21716475	0,00000000	-0,21094731	0,55347809
55	Qz	526,89331958	377,87037430	377,87037430	1,10415805	526,89331958	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-951,34600054	-1297,11617492	-1297,11617492	1,10415805	-951,34600054	0,00000000
	Eps0	-0,01785298	-0,02434171	-0,02434171	1,10415805	-0,01785298	0,00000000
	D II	53287807,99996000	53287808,00110000	53287807,99957000	0,97425710	53287808,00110000	1,10415805
	My	-560,50085577	-61,01009894	-560,50085577	0,00000000	-61,01009894	1,10415805
	kz	-0,00230435	-0,00025083	-0,00230435	0,00000000	-0,00025083	1,10415805
	B II	243143679,07540000	243220149,08150000	243143679,07540000	0,00000000	243235591,60610000	0,64950474
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,02341365	1,10415805	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,02637909	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-1,91146064	-4,68774568	-4,68774571	1,10415805	-1,91146064	0,00000000
	s.S.u	-5,22973009	-5,04893686	-5,22973009	0,00000000	-5,04492613	0,97425710
	s.B.o	-0,04476897	-0,11238550	-0,11238550	1,10415805	-0,04476897	0,00000000
	s.B.u	-0,12661961	-0,12129488	-0,12661961	0,00000000	-0,12127552	1,03920758

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
56	Qz	-811,11380151	-811,09664492	-812,41251718	0,07496999	-811,09664492	0,14993999
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-819,91333951	-819,93031162	-819,93031162	0,14993999	-818,62652367	0,07496999
	Eps0	-0,40603505	-0,40415628	-0,42537362	0,00882000	-0,37994190	0,10804499
	D II	1203297,35054100	1191585,36887800	1191585,36887800	0,14993999	2152200,00000200	0,05292000
	My	60,69399857	-61,01048499	-61,01048499	0,14993999	60,69399857	0,00000000
	kz	52,18900542	-52,74890175	-52,74890175	0,14993999	52,18900542	0,00000000
	B II	568,41164625	561,77873458	561,77873458	0,14993999	1626,37503949	0,07496999
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-3,01548532	0,00000000	2,23328881	0,14993999
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-3,04160137	0,14993999	2,20341522	0,00000000
	s.S.o	-342,15203692	182,91325241	-342,15203692	0,00000000	182,91325241	0,14993999
	s.S.u	179,73801727	-344,57576513	-344,57576513	0,14993999	179,73801727	0,00000000
	s.B.o	-13,72494857	7,90480968	-13,72494857	0,00000000	9,07456142	0,13229999
	s.B.u	7,95313846	-13,76702443	-13,76702443	0,14993999	9,08517282	0,01764000
57	Qz	-233,88080791	-233,88866631	-233,98261892	0,07614521	-233,88080791	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-240,08150784	-240,07385216	-240,08150784	0,00000000	-239,98228426	0,07614521
	Eps0	-0,10771324	-0,10819231	-0,11151233	0,10594116	-0,10771324	0,00000000
	D II	2063490,85877800	2069857,75493800	2063490,85877800	0,00000000	2152200,00000400	0,07504166
	My	17,90331277	-17,20480156	-17,20480156	0,15008331	17,90331277	0,00000000
	kz	11,19530368	-10,74295042	-10,74295042	0,15008331	11,19530368	0,00000000
	B II	1541,35531231	1546,92184523	1541,35531231	0,00000000	1626,37501256	0,07504166
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,66747842	0,00000000	0,42895521	0,15008331
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,64533983	0,15008331	0,45205194	0,00000000
	s.S.o	-77,51916652	32,07629065	-77,51916652	0,00000000	32,07629065	0,15008331
	s.S.u	34,43387033	-75,35321352	-75,35321352	0,15008331	34,43387033	0,00000000
	s.B.o	-6,00730582	3,61292966	-6,00730582	0,00000000	3,61292966	0,15008331
	s.B.u	3,78828133	-5,80805845	-5,80805845	0,15008331	3,78828133	0,00000000
58	Qz	-3,10749087	-3,10703190	-3,10781460	0,05808056	-3,10703190	0,14903691
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-99,58123661	-99,58125094	-99,58125094	0,14903691	-99,58122651	0,05808056
	Eps0	-0,04626951	-0,04626952	-0,04626952	0,14903691	-0,04626950	0,05808056
	D II	2152200,00000100	2152200,00000100	2152199,99981700	0,05917642	2152200,00005700	0,05698470
	My	0,18127358	-0,28185411	-0,28185411	0,14903691	0,18127358	0,00000000
	Kz	0,11145866	-0,17330204	-0,17330204	0,14903691	0,11145866	0,00000000
	B II	1626,37504062	1626,37501364	1626,27256069	0,05917642	1626,38216307	0,06027228
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,05184244	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,05493462	0,14903691	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-9,81119504	-8,38739285	-9,81119504	0,00000000	-8,38739285	0,14903691
	s.S.u	-8,69660844	-10,12041329	-10,12041329	0,14903691	-8,69660844	0,00000000
	s.B.o	-0,46658197	-0,33843972	-0,46658197	0,00000000	-0,33843972	0,14903691
	s.B.u	-0,36626918	-0,49441156	-0,49441156	0,14903691	-0,36626918	0,00000000
59	Qz	68,28491044	68,28498534	68,28491044	0,00000000	68,29892680	0,07451845
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-119,86607960	-119,86603693	-119,86607960	0,00000000	-119,85809372	0,07451845
	Eps0	-0,05560278	-0,05560413	-0,05569252	0,02630063	-0,05560278	0,00000000
	D II	2140004,31534100	2140095,04953300	2140004,31534100	0,00000000	2152200,00011800	0,07451845
	My	-5,09573771	5,08206214	-5,09573771	0,00000000	5,08206214	0,14903691
	kz	-3,13799353	3,12951513	-3,13799353	0,00000000	3,12951513	0,14903691
	B II	1612,94394092	1613,03645329	1612,94394092	0,00000000	1626,37504003	0,07780603
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,21207989	0,14903691	0,10129689	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,21250246	0,00000000	0,10087162	0,14903691
	s.S.o	4,56941076	-26,76840247	-26,76840247	0,14903691	4,56941076	0,00000000
	s.S.u	-26,81052454	4,52674887	-26,81052454	0,00000000	4,52674887	0,14903691
	s.B.o	0,90334042	-1,90871902	-1,90871902	0,14903691	0,90334042	0,00000000
	s.B.u	-1,91252215	0,89962544	-1,91252215	0,00000000	0,89962544	0,14903691

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
60	Qz	82,46697299	82,46674514	82,46674514	0,15008331	82,48177720	0,07504166
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-104,33919893	-104,33937901	-104,33937901	0,15008331	-104,32749636	0,07504166
	Eps0	-0,04817519	-0,04816643	-0,04847576	0,10594116	-0,04816643	0,15008331
	D II	2129238,58853900	2128879,69214400	2128879,69214400	0,15008331	2152200,00000500	0,07504166
	My	-6,16538884	6,21240429	-6,16538884	0,00000000	6,21240429	0,15008331
	kz	-3,80616616	3,83550391	-3,80616616	0,00000000	3,83550391	0,15008331
	B II	1602,72629610	1602,39418446	1602,39418446	0,15008331	1626,37537054	0,07393810
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,23994162	0,15008331	0,14213312	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,23848350	0,00000000	0,14360877	0,15008331
	s.S.o	9,39579277	-28,81080503	-28,81080503	0,15008331	9,39579277	0,00000000
	s.S.u	-28,66586877	9,54423415	-28,66586877	0,00000000	9,54423415	0,15008331
	s.B.o	1,25515990	-2,15947461	-2,15947461	0,15008331	1,25515990	0,00000000
	s.B.u	-2,14635148	1,26780748	-2,14635148	0,00000000	1,26780748	0,15008331
61	Qz	55,60881372	55,60881823	55,60881372	0,00000000	55,61683998	0,07496999
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-83,45623978	-83,45623677	-83,45623978	0,00000000	-83,45089114	0,07496999
	Eps0	-0,03867895	-0,03867907	-0,03877539	0,03528000	-0,03867895	0,00000000
	D II	2139606,57312100	2139615,18728100	2139606,57312100	0,00000000	2152200,00000800	0,07386749
	My	-4,16983990	4,16862433	-4,16983990	0,00000000	4,16862433	0,14993999
	kz	-2,56891158	2,56815789	-2,56891158	0,00000000	2,56815789	0,14993999
	B II	1612,82913774	1612,83749095	1612,82913774	0,00000000	1626,37524094	0,07496999
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,16708697	0,14993999	0,08976663	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,16712453	0,00000000	0,08972882	0,14993999
	s.S.o	5,10876794	-20,57660441	-20,57660441	0,14993999	5,10876794	0,00000000
	s.S.u	-20,58034785	5,10497455	-20,58034785	0,00000000	5,10497455	0,14993999
	s.B.o	0,79964492	-1,50378272	-1,50378272	0,14993999	0,79964492	0,00000000
	s.B.u	-1,50412076	0,79931424	-1,50412076	0,00000000	0,79931424	0,14993999
62	Qz	27,21166832	27,21241270	27,21166832	0,00000000	27,21721579	0,07734302
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-109,43903972	-109,43885464	-109,43903972	0,00000000	-109,43766021	0,07734302
	Eps0	-0,05084985	-0,05084976	-0,05084985	0,00000000	-0,05084921	0,07734302
	D II	2152200,00000000	2152200,00000000	2152199,99995000	0,07844792	2152200,00004000	0,07734302
	My	-2,11829665	1,97106937	-2,11829665	0,00000000	1,97106937	0,15026643
	Kz	-1,30246508	1,21194028	-1,30246508	0,00000000	1,21194028	0,15026643
	B II	1626,37500032	1626,37500888	1626,37430234	0,07955282	1626,39513808	0,07734302
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,11144677	0,15026643	0,01427341	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,11597310	0,00000000	0,00974725	0,15026643
	s.S.o	-3,65764389	-16,22965351	-16,22965351	0,15026643	-3,65764389	0,00000000
	s.S.u	-16,68229473	-4,11025070	-16,68229473	0,00000000	-4,11025070	0,15026643
	s.B.o	0,12846067	-1,00302097	-1,00302097	0,15026643	0,12846067	0,00000000
	s.B.u	-1,04375791	0,08772528	-1,04375791	0,00000000	0,08772528	0,15026643
63	Qz	0,00501577	0,00501588	0,00501577	0,00000000	0,00501711	0,07610294
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-147,67638381	-147,67638381	-147,67638381	0,00000000	-147,67638381	0,07610294
	Eps0	-0,06861648	-0,06861648	-0,06861648	0,00000000	-0,06861648	0,07610294
	D II	2152200,00000000	2152200,00000000	2152200,00000000	0,01764706	2152200,00000000	0,06176471
	My	-0,00038446	0,00036799	-0,00038446	0,00000000	0,00036799	0,15000000
	kz	-0,00023639	0,00022626	-0,00023639	0,00000000	0,00022626	0,15000000
	B II	1626,37372865	1626,37478271	1626,37351859	0,11470588	1626,37643573	0,03529412
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,06862779	0,15000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,06862830	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-13,72211364	-13,72442691	-13,72442691	0,15000000	-13,72211364	0,00000000
	s.S.u	-13,72447754	-13,72216426	-13,72447754	0,00000000	-13,72216426	0,15000000
	s.B.o	-0,61744193	-0,61765012	-0,61765012	0,15000000	-0,61744193	0,00000000
	s.B.u	-0,61765468	-0,61744648	-0,61765468	0,00000000	-0,61744648	0,15000000

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
64	Qz	-27,20666069	-27,20740475	-27,21220687	0,07734302	-27,20666069	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-109,43531540	-109,43513041	-109,43531540	0,00000000	-109,43393641	0,07734302
	Eps0	-0,05084812	-0,05084803	-0,05084812	0,00000000	-0,05084748	0,07734302
	D II	2152200,00000000	2152200,00000000	2152199,99999000	0,07623812	2152200,00000700	0,07844792
	My	2,11789185	-1,97072160	-1,97072160	0,15026643	2,11789185	0,00000000
	kz	1,30221619	-1,21172645	-1,21172645	0,15026643	1,30221619	0,00000000
	B II	1626,37499753	1626,37500302	1626,36588984	0,07844792	1626,37540805	0,07955282
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,11595893	0,00000000	0,00973829	0,15026643
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,11143435	0,15026643	0,01426269	0,00000000
	s.S.o	-16,68070416	-4,11097378	-16,68070416	0,00000000	-4,11097378	0,15026643
	s.S.u	-3,65854227	-16,22823826	-16,22823826	0,15026643	-3,65854227	0,00000000
	s.B.o	-1,04363033	0,08764463	-1,04363033	0,00000000	0,08764463	0,15026643
	s.B.u	0,12836424	-1,00290917	-1,00290917	0,15026643	0,12836424	0,00000000
65	Qz	-55,61348329	-55,61348761	-55,62150956	0,07496999	-55,61348329	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-83,45026263	-83,45025975	-83,45026263	0,00000000	-83,44491315	0,07496999
	Eps0	-0,03867612	-0,03867624	-0,03877261	0,03528000	-0,03867612	0,00000000
	D II	2139603,10114300	2139611,35562800	2139603,10114300	0,00000000	2152200,00000200	0,07827749
	My	4,17016456	-4,16899981	-4,16899981	0,14993999	4,17016456	0,00000000
	kz	2,56911370	-2,56839152	-2,56839152	0,14993999	2,56911370	0,00000000
	B II	1612,82583631	1612,83384049	1612,82583631	0,00000000	1626,37541640	0,07386749
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,16713181	0,00000000	0,08974333	0,14993999
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,16709582	0,14993999	0,08977956	0,00000000
	s.S.o	-20,58079286	5,10670931	-20,58079286	0,00000000	5,10670931	0,14993999
	s.S.u	5,11034411	-20,57720594	-20,57720594	0,14993999	5,11034411	0,00000000
	s.B.o	-1,50418626	0,79944074	-1,50418626	0,00000000	0,79944074	0,14993999
	s.B.u	0,79975759	-1,50386236	-1,50386236	0,14993999	0,79975759	0,00000000
66	Qz	-82,47609888	-82,47587136	-82,49090642	0,07504166	-82,47587136	0,15008331
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-104,34974694	-104,34992677	-104,34992677	0,15008331	-104,33804163	0,07504166
	Eps0	-0,04818001	-0,04817126	-0,04848066	0,10594116	-0,04817126	0,15008331
	D II	2129235,41088000	2128877,05949500	2128877,05949500	0,15008331	2152200,00000300	0,07614521
	My	6,16610968	-6,21305330	-6,21305330	0,15008331	6,16610968	0,00000000
	Kz	3,80661339	-3,83590637	-3,83590637	0,15008331	3,80661339	0,00000000
	B II	1602,72316119	1602,39155450	1602,39155450	0,15008331	1626,37828046	0,07504166
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,23851068	0,00000000	0,14362406	0,15008331
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,23996658	0,15008331	0,14215066	0,00000000
	s.S.o	-28,66906903	9,54527995	-28,66906903	0,00000000	9,54527995	0,15008331
	s.S.u	9,39706490	-28,81378388	-28,81378388	0,15008331	9,39706490	0,00000000
	s.B.o	-2,14659612	1,26793976	-2,14659612	0,00000000	1,26793976	0,15008331
	s.B.u	1,25531155	-2,15969921	-2,15969921	0,15008331	1,25531155	0,00000000
67	Qz	-68,28780565	-68,28788048	-68,30182242	0,07451845	-68,28780565	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-119,86481642	-119,86477378	-119,86481642	0,00000000	-119,85682988	0,07451845
	Eps0	-0,05560217	-0,05560352	-0,05569193	0,02630063	-0,05560217	0,00000000
	D II	2140002,69317700	2140093,36453200	2140002,69317700	0,00000000	2152200,00000200	0,07561431
	My	5,09594853	-5,08228285	-5,08228285	0,14903691	5,09594853	0,00000000
	kz	3,13812440	-3,12965212	-3,12965212	0,14903691	3,13812440	0,00000000
	B II	1612,94229293	1613,03473935	1612,94229293	0,00000000	1626,37506896	0,07671017
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,21250839	0,00000000	0,10087908	0,14903691
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,21208613	0,14903691	0,10130405	0,00000000
	s.S.o	-26,81105660	4,52755632	-26,81105660	0,00000000	4,52755632	0,14903691
	s.S.u	4,57018744	-26,76896498	-26,76896498	0,14903691	4,57018744	0,00000000
	s.B.o	-1,91257554	0,89969052	-1,91257554	0,00000000	0,89969052	0,14903691
	s.B.u	0,90340281	-1,90877515	-1,90877515	0,14903691	0,90340281	0,00000000

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
68	Qz	3,10635840	3,10589946	3,10589946	0,14903691	3,10668197	0,05808056
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-99,58440244	-99,58441675	-99,58441675	0,14903691	-99,58439235	0,05808056
	Eps0	-0,04627098	-0,04627099	-0,04627099	0,14903691	-0,04627097	0,05808056
	D II	2152200,00000000	2152199,99999700	2152199,999996300	0,05260126	2152200,00012900	0,05917642
	My	-0,18119441	0,28176450	-0,18119441	0,00000000	0,28176450	0,14903691
	kz	-0,11140998	0,17324694	-0,11140998	0,00000000	0,17324694	0,14903691
	B II	1626,37495307	1626,37501584	1626,36910679	0,05698470	1626,39337993	0,05369712
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,05493333	0,14903691	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,05184148	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-8,69714603	-10,12043197	-10,12043197	0,14903691	-8,69714603	0,00000000
	s.S.u	-9,81124583	-8,38796255	-9,81124583	0,00000000	-8,38796255	0,14903691
	s.B.o	-0,36630433	-0,49440000	-0,49440000	0,14903691	-0,36630433	0,00000000
	s.B.u	-0,46657331	-0,33847775	-0,46657331	0,00000000	-0,33847775	0,14903691
69	Qz	233,87665061	233,88450717	233,87665061	0,00000000	233,97845082	0,07614521
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-240,06140046	-240,05374606	-240,06140046	0,00000000	-239,96218087	0,07614521
	Eps0	-0,10770376	-0,10818277	-0,11150299	0,10594116	-0,10770376	0,00000000
	D II	2063488,62950900	2069854,64763200	2063488,62950900	0,00000000	2152200,00001200	0,07724876
	My	-17,90294760	17,20454206	-17,90294760	0,00000000	17,20454206	0,15008331
	kz	-11,19508478	10,74279943	-11,19508478	0,00000000	10,74279943	0,15008331
	B II	1541,35396479	1546,91968107	1541,35396479	0,00000000	1626,37504137	0,07724876
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,64532274	0,15008331	0,45205048	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,66745800	0,00000000	0,42895720	0,15008331
	s.S.o	34,43467205	-75,35055060	-75,35055060	0,15008331	34,43467205	0,00000000
	s.S.u	-77,51617576	32,07744369	-77,51617576	0,00000000	32,07744369	0,15008331
	s.B.o	3,78826254	-5,80790465	-5,80790465	0,15008331	3,78826254	0,00000000
	s.B.u	-6,00712199	3,61293753	-6,00712199	0,00000000	3,61293753	0,15008331
70	Qz	811,11073449	811,09359466	811,09359466	0,14993999	812,40945522	0,07496999
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-819,91582735	-819,93278276	-819,93278276	0,14993999	-818,62901525	0,07496999
	Eps0	-0,40603753	-0,40416074	-0,42537535	0,00882000	-0,37994313	0,10804499
	D II	1203301,54980500	1191601,33115300	1191601,33115300	0,14993999	2152200,00000200	0,07055999
	My	-60,69392678	61,01009778	-60,69392678	0,00000000	61,01009778	0,14993999
	Kz	-52,18885782	52,74819040	-52,18885782	0,00000000	52,74819040	0,14993999
	B II	568,41413010	561,78778686	561,78778686	0,14993999	1626,37500845	0,07607249
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-3,04157026	0,14993999	2,20340536	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-3,01548042	0,00000000	2,23324878	0,14993999
	s.S.o	179,73678236	-344,57309921	-344,57309921	0,14993999	179,73678236	0,00000000
	s.S.u	-342,15179586	182,90880484	-342,15179586	0,00000000	182,90880484	0,14993999
	s.B.o	7,95315895	-13,76697430	-13,76697430	0,14993999	9,08517771	0,01764000
	s.B.u	-13,72494068	7,90487967	-13,72494068	0,00000000	9,07457715	0,13229999
71	Qz	-495,74733704	-495,74309771	-495,78940723	0,03651334	-495,74309771	0,07523962
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-56,67691464	-56,71398333	-56,71398333	0,07523962	-56,30771275	0,03651334
	Eps0	-0,00325256	0,00092408	-0,03811823	0,03817304	0,00092408	0,07523962
	D II	1296232,17709500	1283610,64874100	1283610,64874100	0,07523962	1477200,00000100	0,03706658
	My	18,21301958	-19,08787180	-19,08787180	0,07523962	18,21301958	0,00000000
	kz	41,30397545	-43,41526755	-43,41526755	0,07523962	41,30397545	0,00000000
	B II	415,79665119	412,86615438	412,86615438	0,07523962	461,50500342	0,03761981
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-1,03585195	0,00000000	1,08630577	0,07523962
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-1,08445761	0,07523962	1,02934682	0,00000000
	s.S.o	-165,86641411	173,84588650	-165,86641411	0,00000000	173,84588650	0,07523962
	s.S.u	164,56538945	-173,47625387	-173,47625387	0,07523962	164,56538945	0,00000000
	s.B.o	-9,32266753	6,37745572	-9,32266753	0,00000000	6,37745572	0,07523962
	s.B.u	6,21501392	-9,76011846	-9,76011846	0,07523962	6,21501392	0,00000000

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
72	Qz	-159,88519668	-159,88512371	-159,88919600	0,03758324	-159,88512371	0,07516648
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-16,37648422	-16,37719663	-16,37719663	0,07516648	-16,33739135	0,03758324
	Eps0	-0,00777107	-0,00770578	-0,01105974	0,03592516	-0,00770578	0,07516648
	D II	1425445,94821100	1424907,15114500	1424907,15114500	0,07516648	1477200,00000300	0,03813594
	My	5,98206197	-6,03602510	-6,03602510	0,07516648	5,98206197	0,00000000
	kz	13,13767719	-13,25805019	-13,25805019	0,07516648	13,13767719	0,00000000
	B II	448,36426753	448,23202313	448,23202313	0,07516648	461,50501142	0,03703055
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,33621300	0,00000000	0,32374548	0,07516648
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,33915703	0,07516648	0,32067086	0,00000000
	s.S.o	-54,10492262	51,49104575	-54,10492262	0,00000000	51,49104575	0,07516648
	s.S.u	50,99649490	-54,57335610	-54,57335610	0,07516648	50,99649490	0,00000000
	s.B.o	-3,02591699	2,61364944	-3,02591699	0,00000000	2,61364944	0,07516648
	s.B.u	2,59168213	-3,05241328	-3,05241328	0,07516648	2,59168213	0,00000000
73	Qz	-68,48297013	-68,48277411	-68,48370769	0,03561890	-68,48277411	0,07569016
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-7,81132687	-7,81304525	-7,81304525	0,07569016	-7,80485789	0,03561890
	Eps0	-0,00476789	-0,00461879	-0,00528356	0,03394926	-0,00461879	0,07569016
	D II	1457346,46068900	1454520,01932200	1454520,01932200	0,07569016	1477200,00000100	0,03673199
	My	2,43960670	-2,74388830	-2,74388830	0,07569016	2,43960670	0,00000000
	kz	5,31392612	-5,98116715	-5,98116715	0,07569016	5,31392612	0,00000000
	B II	456,37719390	455,68178577	455,68178577	0,07569016	461,57355634	0,03561890
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,13761604	0,00000000	0,14491039	0,07569016
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,15414796	0,07569016	0,12808027	0,00000000
	s.S.o	-22,20928198	23,00091160	-22,20928198	0,00000000	23,00091160	0,07569016
	s.S.u	20,30212701	-24,84842567	-24,84842567	0,07569016	20,30212701	0,00000000
	s.B.o	-1,23854436	1,24419826	-1,23854436	0,00000000	1,24419826	0,07569016
	s.B.u	1,10591696	-1,38733168	-1,38733168	0,07569016	1,10591696	0,00000000
74	Qz	-44,54456658	-44,54441563	-44,54483739	0,03363971	-44,54441563	0,07500000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-5,03084032	-5,03217666	-5,03217666	0,07500000	-5,02844192	0,03363971
	Eps0	-0,00321599	-0,00310146	-0,00340404	0,03198529	-0,00310146	0,07500000
	D II	1465417,64029300	1462064,17888000	1462064,17888000	0,07500000	1477200,00000400	0,03253676
	My	1,48647950	-1,85436333	-1,85436333	0,07500000	1,48647950	0,00000000
	Kz	3,23107325	-4,03430166	-4,03430166	0,07500000	3,23107325	0,00000000
	B II	458,41936461	457,59345142	457,59345142	0,07500000	461,50539659	0,03363971
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,08399283	0,00000000	0,09775608	0,07500000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,10395900	0,07500000	0,07756084	0,00000000
	s.S.o	-13,56749176	15,51691407	-13,56749176	0,00000000	15,51691407	0,07500000
	s.S.u	12,28109426	-16,75749927	-16,75749927	0,07500000	12,28109426	0,00000000
	s.B.o	-0,75593543	0,85250100	-0,75593543	0,00000000	0,85250100	0,07500000
	s.B.u	0,68090196	-0,93563104	-0,93563104	0,07500000	0,68090196	0,00000000
75	Qz	-57,15721705	-57,15704683	-57,15768317	0,03480436	-57,15704683	0,07513322
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-6,25340255	-6,25495825	-6,25495825	0,07513322	-6,24914068	0,03480436
	Eps0	-0,00389140	-0,00375691	-0,00423040	0,03314701	-0,00375691	0,07513322
	D II	1461198,91353300	1458134,49162700	1458134,49162700	0,07513322	1477200,00000400	0,03425191
	My	1,98079192	-2,31361699	-2,31361699	0,07513322	1,98079192	0,00000000
	kz	4,31025824	-5,03857375	-5,03857375	0,07513322	4,31025824	0,00000000
	B II	457,35628505	456,60212450	456,60212450	0,07513322	461,50511494	0,03535681
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,11164785	0,00000000	0,12220743	0,07513322
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,12972125	0,07513322	0,10386506	0,00000000
	s.S.o	-18,01931261	19,40291318	-18,01931261	0,00000000	19,40291318	0,07513322
	s.S.u	16,46275333	-20,90567688	-20,90567688	0,07513322	16,46275333	0,00000000
	s.B.o	-1,00483069	1,05718567	-1,00483069	0,00000000	1,05718567	0,07513322
	s.B.u	0,90400723	-1,16749128	-1,16749128	0,07513322	0,90400723	0,00000000

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
76	Qz	-88,94343037	-88,94330736	-88,94479988	0,03694853	-88,94330736	0,07500000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-10,51439544	-10,51543599	-10,51543599	0,07500000	-10,50280405	0,03694853
	Eps0	-0,00617973	-0,00608882	-0,00710996	0,03860294	-0,00608882	0,07500000
	D II	1450310,63443900	1448963,12009200	1448963,12009200	0,07500000	1477200,00000500	0,03694853
	My	3,26392117	-3,40685766	-3,40685766	0,07500000	3,26392117	0,00000000
	kz	7,12232690	-7,43686943	-7,43686943	0,07500000	7,12232690	0,00000000
	B II	454,59234834	454,26092823	454,26092823	0,07500000	461,50506150	0,03694853
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,18423791	0,00000000	0,17983291	0,07500000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,19201056	0,07500000	0,17187844	0,00000000
	s.S.o	-29,72525445	28,52971344	-29,72525445	0,00000000	28,52971344	0,07500000
	s.S.u	27,25336070	-30,96524214	-30,96524214	0,07500000	27,25336070	0,00000000
	s.B.o	-1,65814116	1,52614576	-1,65814116	0,00000000	1,52614576	0,07500000
	s.B.u	1,46258917	-1,72809502	-1,72809502	0,07500000	1,46258917	0,00000000
77	Qz	-103,35818560	-103,35824077	-103,36015784	0,03721559	-103,35818560	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-12,48283812	-12,48238133	-12,48283812	0,00000000	-12,46649713	0,03721559
	Eps0	-0,00712058	-0,00716069	-0,00843930	0,03557372	-0,00712058	0,00000000
	D II	1445020,61787600	1445538,31974700	1445020,61787600	0,00000000	1477200,00000200	0,03666830
	My	3,87373320	-3,81937496	-3,81937496	0,07443118	3,87373320	0,00000000
	kz	8,46451445	-8,34460191	-8,34460191	0,07443118	8,46451445	0,00000000
	B II	453,25201419	453,37931927	453,25201419	0,00000000	461,50506914	0,03776288
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,21873344	0,00000000	0,20145436	0,07443118
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,21577574	0,07443118	0,20449229	0,00000000
	s.S.o	-35,28217307	31,94627005	-35,28217307	0,00000000	31,94627005	0,07443118
	s.S.u	32,43394257	-34,81054535	-34,81054535	0,07443118	32,43394257	0,00000000
	s.B.o	-1,96860094	1,69724636	-1,96860094	0,00000000	1,69724636	0,07443118
	s.B.u	1,72104573	-1,94198163	-1,94198163	0,07443118	1,72104573	0,00000000
78	Qz	103,36470752	103,36476264	103,36470752	0,00000000	103,36667997	0,03721559
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-12,48360663	-12,48315018	-12,48360663	0,00000000	-12,46726377	0,03721559
	Eps0	-0,00712094	-0,00716103	-0,00843982	0,03557372	-0,00712094	0,00000000
	D II	1445018,70554300	1445535,98980500	1445018,70554300	0,00000000	1477200,00000300	0,03831016
	My	-3,87395386	3,81963974	-3,87395386	0,00000000	3,81963974	0,07443118
	Kz	-8,46500076	8,34518540	-8,46500076	0,00000000	8,34518540	0,07443118
	B II	453,25152863	453,37873096	453,25152863	0,00000000	461,50506370	0,03776288
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,21579066	0,07443118	0,20450408	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,21874596	0,00000000	0,20146861	0,07443118
	s.S.o	32,43581449	-34,81294665	-34,81294665	0,07443118	32,43581449	0,00000000
	s.S.u	-35,28419160	31,94853669	-35,28419160	0,00000000	31,94853669	0,07443118
	s.B.o	1,72113807	-1,94211594	-1,94211594	0,07443118	1,72113807	0,00000000
	s.B.u	-1,96871366	1,69735820	-1,96871366	0,00000000	1,69735820	0,07443118
79	Qz	88,94742749	88,94730440	88,94730440	0,07500000	88,94879708	0,03694853
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-10,51485048	-10,51589162	-10,51589162	0,07500000	-10,50325829	0,03694853
	Eps0	-0,00617998	-0,00608901	-0,00711026	0,03860294	-0,00608901	0,07500000
	D II	1450309,68552800	1448961,46545400	1448961,46545400	0,07500000	1477200,00002100	0,03694853
	My	-3,26403385	3,40704476	-3,26403385	0,00000000	3,40704476	0,07500000
	kz	-7,12257451	7,43728104	-7,12257451	0,00000000	7,43728104	0,07500000
	B II	454,59210557	454,26051201	454,26051201	0,07500000	461,50552047	0,03639706
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,19202104	0,07500000	0,17188439	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,18424434	0,00000000	0,17984301	0,07500000
	s.S.o	27,25430249	-30,96692690	-30,96692690	0,07500000	27,25430249	0,00000000
	s.S.u	-29,72629357	28,53132153	-29,72629357	0,00000000	28,53132153	0,07500000
	s.B.o	1,46263686	-1,72818936	-1,72818936	0,07500000	1,46263686	0,00000000
	s.B.u	-1,65819906	1,52622626	-1,65819906	0,00000000	1,52622626	0,07500000

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
80	Qz	57,15541336	57,15524312	57,15524312	0,07513322	57,15587944	0,03480436
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-6,25322516	-6,25478099	-6,25478099	0,07513322	-6,24896366	0,03480436
	Eps0	-0,00389131	-0,00375681	-0,00423028	0,03314701	-0,00375681	0,07513322
	D II	1461199,66530600	1458134,90072200	1458134,90072200	0,07513322	1477200,00000700	0,03480436
	My	-1,98070532	2,31356808	-1,98070532	0,00000000	2,31356808	0,07513322
	kz	-4,31006895	5,03846669	-4,31006895	0,00000000	5,03846669	0,07513322
	B II	457,35647455	456,60222899	456,60222899	0,07513322	461,50577490	0,03480436
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,12971848	0,07513322	0,10386041	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,11164303	0,00000000	0,12220486	0,07513322
	s.S.o	16,46201398	-20,90522865	-20,90522865	0,07513322	16,46201398	0,00000000
	s.S.u	-18,01853760	19,40250495	-18,01853760	0,00000000	19,40250495	0,07513322
	s.B.o	0,90396820	-1,16746629	-1,16746629	0,07513322	0,90396820	0,00000000
	s.B.u	-1,00478729	1,05716428	-1,00478729	0,00000000	1,05716428	0,07513322
81	Qz	44,54049264	44,54034170	44,54034170	0,07500000	44,54076339	0,03363971
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-5,03040364	-5,03173986	-5,03173986	0,07500000	-5,02800574	0,03363971
	Eps0	-0,00321574	-0,00310122	-0,00340374	0,03198529	-0,00310122	0,07500000
	D II	1465418,91688300	1462065,47935200	1462065,47935200	0,07500000	1477200,00000700	0,03363971
	My	-1,48632745	1,85420984	-1,48632745	0,00000000	1,85420984	0,07500000
	kz	-3,23074168	4,03396636	-3,23074168	0,00000000	4,03396636	0,07500000
	B II	458,41968750	457,59378093	457,59378093	0,07500000	461,50513181	0,03363971
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,10395038	0,07500000	0,07755280	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,08398428	0,00000000	0,09774794	0,07500000
	s.S.o	12,27981919	-16,75610909	-16,75610909	0,07500000	12,27981919	0,00000000
	s.S.u	-13,56611426	15,51562183	-13,56611426	0,00000000	15,51562183	0,07500000
	s.B.o	0,68083322	-0,93555340	-0,93555340	0,07500000	0,68083322	0,00000000
	s.B.u	-0,75585852	0,85243231	-0,75585852	0,00000000	0,85243231	0,07500000
82	Qz	68,48092023	68,48072421	68,48072421	0,07569016	68,48165774	0,03561890
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-7,81110798	-7,81282633	-7,81282633	0,07569016	-7,80463942	0,03561890
	Eps0	-0,00476777	-0,00461867	-0,00528341	0,03394926	-0,00461867	0,07569016
	D II	1457347,14101300	1454520,67380300	1454520,67380300	0,07569016	1477200,00067700	0,03561890
	My	-2,43952749	2,74381236	-2,43952749	0,00000000	2,74381236	0,07569016
	Kz	-5,31375265	5,98100059	-5,31375265	0,00000000	5,98100059	0,07569016
	B II	456,37736518	455,68195118	455,68195118	0,07569016	461,91930144	0,03561890
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,15414369	0,07569016	0,12807604	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,13761159	0,00000000	0,14490634	0,07569016
	s.S.o	20,30145583	-24,84773732	-24,84773732	0,07569016	20,30145583	0,00000000
	s.S.u	-22,20856534	23,00026748	-22,20856534	0,00000000	23,00026748	0,07569016
	s.B.o	1,10588204	-1,38729321	-1,38729321	0,07569016	1,10588204	0,00000000
	s.B.u	-1,23850431	1,24416514	-1,23850431	0,00000000	1,24416514	0,07569016
83	Qz	159,88339553	159,88332253	159,88332253	0,07516648	159,88739475	0,03758324
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-16,37632741	-16,37704013	-16,37704013	0,07516648	-16,33723559	0,03758324
	Eps0	-0,00777106	-0,00770574	-0,01105964	0,03592516	-0,00770574	0,07516648
	D II	1425446,70400100	1424907,66587900	1424907,66587900	0,07516648	1477200,00000500	0,03703055
	My	-5,98198217	6,03596951	-5,98198217	0,00000000	6,03596951	0,07516648
	kz	-13,13749937	13,25792636	-13,13749937	0,00000000	13,25792636	0,07516648
	B II	448,36445618	448,23215266	448,23215266	0,07516648	461,50500391	0,03813594
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,33915389	0,07516648	0,32066643	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,33620854	0,00000000	0,32374242	0,07516648
	s.S.o	50,99578627	-54,57285243	-54,57285243	0,07516648	50,99578627	0,00000000
	s.S.u	-54,10420869	51,49055878	-54,10420869	0,00000000	51,49055878	0,07516648
	s.B.o	2,59165039	-3,05238505	-3,05238505	0,07516648	2,59165039	0,00000000
	s.B.u	-3,02587686	2,61362762	-3,02587686	0,00000000	2,61362762	0,07516648

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
84	Qz	495,73944215	495,73520365	495,73520365	0,07523962	495,78151115	0,03651334
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-56,67580247	-56,71286406	-56,71286406	0,07523962	-56,30660965	0,03651334
	Eps0	-0,00325273	0,00092309	-0,03811748	0,03817304	0,00092309	0,07523962
	D II	1296234,76160000	1283615,40304300	1283615,40304300	0,07523962	1477200,00000100	0,03651334
	My	-18,21279899	19,08749836	-18,21279899	0,00000000	19,08749836	0,07523962
	kz	-41,30344961	43,41436812	-41,30344961	0,00000000	43,41436812	0,07523962
	B II	415,79731099	412,86734871	412,86734871	0,07523962	461,50501339	0,03761981
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-1,08443611	0,07523962	1,02933351	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-1,03583897	0,00000000	1,08628230	0,07523962
	s.S.o	164,56325320	-173,47285373	-173,47285373	0,07523962	164,56325320	0,00000000
	s.S.u	-165,86434368	173,84209122	-165,86434368	0,00000000	173,84209122	0,07523962
	s.B.o	6,21497314	-9,75992498	-9,75992498	0,07523962	6,21497314	0,00000000
	s.B.u	-9,32255070	6,37739212	-9,32255070	0,00000000	6,37739212	0,07523962
85	Qz	-492,95698835	-492,94890726	-493,01339058	0,03668066	-492,94890726	0,07558439
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-77,27291275	-77,32444791	-77,32444791	0,07558439	-76,91223646	0,03668066
	Eps0	-0,01996002	-0,01434483	-0,05206721	0,03890373	-0,01434483	0,07558439
	D II	1305522,32879500	1289222,99791100	1289222,99791100	0,07558439	1477200,00000000	0,03668066
	My	18,02035308	-19,24068570	-19,24068570	0,07558439	18,02035308	0,00000000
	kz	40,75679951	-43,69268910	-43,69268910	0,07558439	40,75679951	0,00000000
	B II	417,63505587	413,62021439	413,62021439	0,07558439	461,50500783	0,03779219
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-1,03888000	0,00000000	1,07797240	0,07558439
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-1,10666206	0,07558439	0,99895997	0,00000000
	s.S.o	-167,01920136	171,90179001	-167,01920136	0,00000000	171,90179001	0,07558439
	s.S.u	159,03519471	-177,63972283	-177,63972283	0,07558439	159,03519471	0,00000000
	s.B.o	-9,34992004	6,36625464	-9,34992004	0,00000000	6,36625464	0,07558439
	s.B.u	6,13098346	-9,95995854	-9,95995854	0,07558439	6,13098346	0,00000000
86	Qz	-158,44184599	-158,44160744	-158,44828289	0,03694853	-158,44160744	0,07500000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-26,97492922	-26,97633033	-26,97633033	0,07500000	-26,93709370	0,03694853
	Eps0	-0,01530925	-0,01518650	-0,01823536	0,03970588	-0,01518650	0,07500000
	D II	1429096,39139700	1428033,36580700	1428033,36580700	0,07500000	1477200,00000100	0,03805147
	My	5,88789942	-5,99535227	-5,99535227	0,07500000	5,88789942	0,00000000
	Kz	12,91638989	-13,15574893	-13,15574893	0,07500000	12,91638989	0,00000000
	B II	449,04894312	448,78718009	448,78718009	0,07500000	461,50506514	0,03694853
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,33821900	0,00000000	0,31370722	0,07500000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,34408023	0,07500000	0,30760049	0,00000000
	s.S.o	-54,72741018	49,58569568	-54,72741018	0,00000000	49,58569568	0,07500000
	s.S.u	48,60370892	-55,66029612	-55,66029612	0,07500000	48,60370892	0,00000000
	s.B.o	-3,04397100	2,54336797	-3,04397100	0,00000000	2,54336797	0,07500000
	s.B.u	2,49929500	-3,09672203	-3,09672203	0,07500000	2,49929500	0,00000000
87	Qz	-67,93133397	-67,93119831	-67,93245542	0,03604595	-67,93119831	0,07427651
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-11,67338212	-11,67417158	-11,67417158	0,07427651	-11,66685416	0,03604595
	Eps0	-0,00741264	-0,00734674	-0,00789798	0,03877671	-0,00734674	0,07427651
	D II	1458164,33830200	1456837,68790600	1456837,68790600	0,07427651	1477200,00000200	0,03659210
	My	2,45102205	-2,59469515	-2,59469515	0,07427651	2,45102205	0,00000000
	kz	5,33732043	-5,65215766	-5,65215766	0,07427651	5,33732043	0,00000000
	B II	456,50478838	456,17738816	456,17738816	0,07427651	461,50507470	0,03495365
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,14084565	0,00000000	0,13395720	0,07427651
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,14865068	0,07427651	0,12602037	0,00000000
	s.S.o	-22,83180931	21,13928312	-22,83180931	0,00000000	21,13928312	0,07427651
	s.S.u	19,86675414	-24,07797820	-24,07797820	0,07427651	19,86675414	0,00000000
	s.B.o	-1,26761084	1,15464317	-1,26761084	0,00000000	1,15464317	0,07427651
	s.B.u	1,08911827	-1,33785611	-1,33785611	0,07427651	1,08911827	0,00000000

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
88	Qz	-44,11109085	-44,11102025	-44,11159605	0,03647785	-44,11102025	0,07516648
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-7,98369779	-7,98408785	-7,98408785	0,07516648	-7,98090601	0,03647785
	Eps0	-0,00519870	-0,00516665	-0,00540274	0,03924133	-0,00516665	0,07516648
	D II	1465044,47344300	1464062,76266100	1464062,76266100	0,07516648	1477200,00000200	0,03537246
	My	1,60372887	-1,71195336	-1,71195336	0,07516648	1,60372887	0,00000000
	kz	3,48611683	-3,72233716	-3,72233716	0,07516648	3,48611683	0,00000000
	B II	458,27219357	458,02955246	458,02955246	0,07516648	461,50537685	0,03592516
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,09235162	0,00000000	0,08789178	0,07516648
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,09822508	0,07516648	0,08195422	0,00000000
	s.S.o	-14,98420805	13,85601857	-14,98420805	0,00000000	13,85601857	0,07516648
	s.S.u	12,90472660	-15,92267871	-15,92267871	0,07516648	12,90472660	0,00000000
	s.B.o	-0,83116462	0,76910507	-0,83116462	0,00000000	0,76910507	0,07516648
	s.B.u	0,71855121	-0,88402571	-0,88402571	0,07516648	0,71855121	0,00000000
89	Qz	-56,68423415	-56,68421389	-56,68506395	0,03761981	-56,68421389	0,07523962
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-9,64106344	-9,64118259	-9,64118259	0,07523962	-9,63618341	0,03761981
	Eps0	-0,00615800	-0,00614809	-0,00652329	0,03983274	-0,00614809	0,07523962
	D II	1460730,90151900	1460495,61438300	1460495,61438300	0,07523962	1477200,00000700	0,03706658
	My	2,11962170	-2,14529242	-2,14529242	0,07523962	2,11962170	0,00000000
	kz	4,61268340	-4,66883762	-4,66883762	0,07523962	4,61268340	0,00000000
	B II	457,17613389	457,11805772	457,11805772	0,07523962	461,50570702	0,03761981
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,12147509	0,00000000	0,11057285	0,07523962
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,12286903	0,07523962	0,10915908	0,00000000
	s.S.o	-19,68233451	17,44573335	-19,68233451	0,00000000	17,44573335	0,07523962
	s.S.u	17,21913269	-19,90496762	-19,90496762	0,07523962	17,21913269	0,00000000
	s.B.o	-1,09327581	0,96043325	-1,09327581	0,00000000	0,96043325	0,07523962
	s.B.u	0,94859848	-1,10582124	-1,10582124	0,07523962	0,94859848	0,00000000
90	Qz	-88,23106703	-88,23082987	-88,23302368	0,03637440	-88,23082987	0,07495332
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-15,38717413	-15,38853400	-15,38853400	0,07495332	-15,37595039	0,03637440
	Eps0	-0,00956982	-0,00945520	-0,01040889	0,03913004	-0,00945520	0,07495332
	D II	1451976,98399500	1450209,26674900	1450209,26674900	0,07495332	1477200,00001800	0,03637440
	My	3,21236367	-3,40087536	-3,40087536	0,07495332	3,21236367	0,00000000
	Kz	7,00622113	-7,42081450	-7,42081450	0,07495332	7,00622113	0,00000000
	B II	454,90857971	454,47258441	454,47258441	0,07495332	461,51034264	0,03637440
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,18472535	0,00000000	0,17606516	0,07495332
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,19497556	0,07495332	0,16558570	0,00000000
	s.S.o	-29,93884921	27,79221854	-29,93884921	0,00000000	27,79221854	0,07495332
	s.S.u	26,11091983	-31,57429756	-31,57429756	0,07495332	26,11091983	0,00000000
	s.B.o	-1,66252817	1,49650814	-1,66252817	0,00000000	1,49650814	0,07495332
	s.B.u	1,41244663	-1,75478004	-1,75478004	0,07495332	1,41244663	0,00000000
91	Qz	-102,52741460	-102,52651373	-102,52982673	0,03479202	-102,52651373	0,07510659
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-18,07940909	-18,08451711	-18,08451711	0,07510659	-18,06572468	0,03479202
	Eps0	-0,01121794	-0,01078460	-0,01222976	0,03203075	-0,01078460	0,07510659
	D II	1449486,89132100	1443729,87877100	1443729,87877100	0,07510659	1477200,00000300	0,03423977
	My	3,54652652	-4,15397543	-4,15397543	0,07510659	3,54652652	0,00000000
	kz	7,73978372	-9,07914785	-9,07914785	0,07510659	7,73978372	0,00000000
	B II	454,24392417	452,82433176	452,82433176	0,07510659	461,50502866	0,03534428
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,20471253	0,00000000	0,21619410	0,07510659
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,23776329	0,07510659	0,18227666	0,00000000
	s.S.o	-33,20272237	34,15967215	-33,20272237	0,00000000	34,15967215	0,07510659
	s.S.u	28,71554736	-38,47351079	-38,47351079	0,07510659	28,71554736	0,00000000
	s.B.o	-1,84241277	1,81281475	-1,84241277	0,00000000	1,81281475	0,07510659
	s.B.u	1,54627477	-2,13986964	-2,13986964	0,07510659	1,54627477	0,00000000

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
92	Qz	102,53388498	102,53298411	102,53298411	0,07510659	102,53629746	0,03479202
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-18,08053146	-18,08563956	-18,08563956	0,07510659	-18,06684505	0,03479202
	Eps0	-0,01121854	-0,01078520	-0,01223052	0,03203075	-0,01078520	0,07510659
	D II	1449484,73332000	1443727,97686800	1443727,97686800	0,07510659	1477200,00000300	0,03534428
	My	-3,54678450	4,15420343	-3,54678450	0,00000000	4,15420343	0,07510659
	kz	-7,74035096	9,07965055	-7,74035096	0,00000000	9,07965055	0,07510659
	B II	454,24337063	452,82384183	452,82384183	0,07510659	461,50515445	0,03479202
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,23777646	0,07510659	0,18229023	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,20472732	0,00000000	0,21620607	0,07510659
	s.S.o	28,71769511	-38,47564127	-38,47564127	0,07510659	28,71769511	0,00000000
	s.S.u	-33,20511255	34,16156326	-33,20511255	0,00000000	34,16156326	0,07510659
	s.B.o	1,54638288	-2,13998813	-2,13998813	0,07510659	1,54638288	0,00000000
	s.B.u	-1,84254586	1,81290775	-1,84254586	0,00000000	1,81290775	0,07510659
93	Qz	88,23503291	88,23479583	88,23479583	0,07495332	88,23698978	0,03637440
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-15,38784928	-15,38920864	-15,38920864	0,07495332	-15,37662422	0,03637440
	Eps0	-0,00957018	-0,00945559	-0,01040935	0,03913004	-0,00945559	0,07495332
	D II	1451975,38930800	1450208,39973100	1450208,39973100	0,07495332	1477200,00005700	0,03637440
	My	-3,21255138	3,40098492	-3,21255138	0,00000000	3,40098492	0,07495332
	kz	-7,00663340	7,42105516	-7,00663340	0,00000000	7,42105516	0,07495332
	B II	454,90817395	454,47235763	454,47235763	0,07495332	461,50649517	0,03637440
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,19498197	0,07495332	0,16559566	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,18473601	0,00000000	0,17607079	0,07495332
	s.S.o	26,11249812	-31,57533938	-31,57533938	0,07495332	26,11249812	0,00000000
	s.S.u	-29,94056903	27,79310199	-29,94056903	0,00000000	27,79310199	0,07495332
	s.B.o	1,41252682	-1,75483775	-1,75483775	0,07495332	1,41252682	0,00000000
	s.B.u	-1,66262411	1,49655311	-1,66262411	0,00000000	1,49655311	0,07495332
94	Qz	56,68244414	56,68242390	56,68242390	0,07523962	56,68327390	0,03761981
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-9,64077941	-9,64089843	-9,64089843	0,07523962	-9,63589963	0,03761981
	Eps0	-0,00615783	-0,00614792	-0,00652310	0,03983274	-0,00614792	0,07523962
	D II	1460731,32875300	1460496,28793800	1460496,28793800	0,07523962	1477200,00000400	0,03651334
	My	-2,11956778	2,14521166	-2,11956778	0,00000000	2,14521166	0,07523962
	Kz	-4,61256556	4,66866105	-4,61256556	0,00000000	4,66866105	0,07523962
	B II	457,11624411	457,11822910	457,11822910	0,07523962	461,50506857	0,03817304
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,12286445	0,07523962	0,10915631	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,12147197	0,00000000	0,11056860	0,07523962
	s.S.o	17,21869606	-19,90422876	-19,90422876	0,07523962	17,21869606	0,00000000
	s.S.u	-19,68182842	17,44505966	-19,68182842	0,00000000	17,44505966	0,07523962
	s.B.o	0,94857525	-1,10578004	-1,10578004	0,07523962	0,94857525	0,00000000
	s.B.u	-1,09324773	0,96039767	-1,09324773	0,00000000	0,96039767	0,07523962
95	Qz	44,10705498	44,10698440	44,10698440	0,07516648	44,10756009	0,03647785
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-7,98299105	-7,98338103	-7,98338103	0,07516648	-7,98019978	0,03647785
	Eps0	-0,00519826	-0,00516622	-0,00540226	0,03924133	-0,00516622	0,07516648
	D II	1465045,61011100	1464064,05026800	1464064,05026800	0,07516648	1477200,00000500	0,03537246
	My	-1,60358534	1,71179352	-1,60358534	0,00000000	1,71179352	0,07516648
	kz	-3,48580382	3,72198840	-3,48580382	0,00000000	3,72198840	0,07516648
	B II	458,27248647	458,02988163	458,02988163	0,07516648	461,50517451	0,03592516
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,09821593	0,07516648	0,08194683	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,09234336	0,00000000	0,08788349	0,07516648
	s.S.o	12,90356281	-15,92119700	-15,92119700	0,07516648	12,90356281	0,00000000
	s.S.u	-14,98286776	13,85471022	-14,98286776	0,00000000	13,85471022	0,07516648
	s.B.o	0,71848819	-0,88394334	-0,88394334	0,07516648	0,71848819	0,00000000
	s.B.u	-0,83109022	0,76903463	-0,83109022	0,00000000	0,76903463	0,07516648

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
96	Qz	67,92929986	67,92916419	67,92916419	0,07427651	67,93042124	0,03604595
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-11,67304764	-11,67383708	-11,67383708	0,07427651	-11,66652009	0,03604595
	Eps0	-0,00741244	-0,00734654	-0,00789775	0,03877671	-0,00734654	0,07427651
	D II	1458164,95507900	1456838,30785900	1456838,30785900	0,07427651	1477200,00003400	0,03604595
	My	-2,45094657	2,59461955	-2,45094657	0,00000000	2,59461955	0,07427651
	kz	-5,33715523	5,65199206	-5,33715523	0,00000000	5,65199206	0,07427651
	B II	456,50494630	456,17754736	456,17754736	0,07427651	461,50736473	0,03604595
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,14864635	0,07427651	0,12601644	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,14084132	0,00000000	0,13395326	0,07427651
	s.S.o	19,86613245	-24,07727711	-24,07727711	0,07427651	19,86613245	0,00000000
	s.S.u	-22,83110935	21,13865946	-22,83110935	0,00000000	21,13865946	0,07427651
	s.B.o	1,08908568	-1,33781711	-1,33781711	0,07427651	1,08908568	0,00000000
	s.B.u	-1,26757191	1,15461066	-1,26757191	0,00000000	1,15461066	0,07427651
97	Qz	158,44005921	158,43982065	158,43982065	0,07500000	158,44649596	0,03694853
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-26,97465322	-26,97605438	-26,97605438	0,07500000	-26,93681859	0,03694853
	Eps0	-0,01530914	-0,01518638	-0,01823517	0,03970588	-0,01518638	0,07500000
	D II	1429097,00802100	1428033,93595200	1428033,93595200	0,07500000	1477200,00000400	0,03694853
	My	-5,88782999	5,99528769	-5,88782999	0,00000000	5,99528769	0,07500000
	kz	-12,91623556	13,15560533	-12,91623556	0,00000000	13,15560533	0,07500000
	B II	449,04910016	448,78732581	448,78732581	0,07500000	461,50505495	0,03750000
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,34407652	0,07500000	0,30759675	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,33821503	0,00000000	0,31370375	0,07500000
	s.S.o	48,60311444	-55,65969807	-55,65969807	0,07500000	48,60311444	0,00000000
	s.S.u	-54,72677005	49,58514487	-54,72677005	0,00000000	49,58514487	0,07500000
	s.B.o	2,49926787	-3,09668865	-3,09668865	0,07500000	2,49926787	0,00000000
	s.B.u	-3,04393525	2,54334293	-3,04393525	0,00000000	2,54334293	0,07500000
98	Qz	492,94914684	492,94106668	492,94106668	0,07558439	493,00554741	0,03668066
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-77,27147131	-77,32300062	-77,32300062	0,07558439	-76,91080463	0,03668066
	Eps0	-0,01995996	-0,01434544	-0,05206624	0,03890373	-0,01434544	0,07558439
	D II	1305524,98164800	1289227,35312700	1289227,35312700	0,07558439	1477200,00000000	0,03779219
	My	-18,02011566	19,24033041	-18,02011566	0,00000000	19,24033041	0,07558439
	Kz	-40,75623681	43,69183652	-40,75623681	0,00000000	43,69183652	0,07558439
	B II	417,63573938	413,62131819	413,62131819	0,07558439	461,50501200	0,03723643
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-1,10664135	0,07558439	0,99894596	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-1,03886588	0,00000000	1,07795047	0,07558439
	s.S.o	159,03295575	-177,63643396	-177,63643396	0,07558439	159,03295575	0,00000000
	s.S.u	-167,01693873	171,89825819	-167,01693873	0,00000000	171,89825819	0,07558439
	s.B.o	6,13093774	-9,95977217	-9,95977217	0,07558439	6,13093774	0,00000000
	s.B.u	-9,34979290	6,36619370	-9,34979290	0,00000000	6,36619370	0,07558439
99	Qz	69,88404074	69,88396585	69,88396585	0,54848245	69,88869343	0,27424123
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-494,05862280	-494,05863339	-494,05863339	0,54848245	-494,05796466	0,27424123
	Eps0	-0,08626379	-0,08626380	-0,08626380	0,54848245	-0,08626368	0,27424123
	D II	5727299,99999900	5727300,00000600	5727299,99989600	0,26214235	5727300,00011200	0,28230714
	My	-19,08787194	19,24068586	-19,08787194	0,00000000	19,24068586	0,54848245
	kz	-0,06895484	0,06950688	-0,06895484	0,00000000	0,06950688	0,54848245
	B II	276817,00003500	276816,99996990	276816,98331060	0,26214235	276817,00106610	0,27827419
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,11267641	0,54848245	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,11246663	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-13,11546824	-21,42317178	-21,42317178	0,54848245	-13,11546824	0,00000000
	s.S.u	-21,39004904	-13,08234624	-21,39004904	0,00000000	-13,08234624	0,54848245
	s.B.o	-0,30030477	-0,56338205	-0,56338205	0,54848245	-0,30030477	0,00000000
	s.B.u	-0,56233316	-0,29925590	-0,56233316	0,00000000	-0,29925590	0,54848245

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
100	Qz	21,93630184	21,93630830	21,93630184	0,00000000	21,93678333	0,27423804
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-159,21766251	-159,21766162	-159,21766251	0,00000000	-159,21759617	0,27423804
	Eps0	-0,02791955	-0,02791955	-0,02791955	0,00000000	-0,02791954	0,27423804
	D II	5702730,00001800	5702729,99999300	5702729,99989500	0,26213930	5702730,00012300	0,26617221
	My	-6,03602511	5,99535225	-6,03602511	0,00000000	5,99535225	0,54847607
	kz	-0,02198070	0,02183258	-0,02198070	0,00000000	0,02183258	0,54847607
	B II	274605,69932030	274605,70045750	274605,66735400	0,26617221	274605,80004230	0,26213930
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,03621593	0,54847607	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,03627222	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-4,26506834	-6,89386531	-6,89386531	0,54847607	-4,26506834	0,00000000
	s.S.u	-6,90275216	-4,27395513	-6,90275216	0,00000000	-4,27395513	0,54847607
	s.B.o	-0,09783443	-0,18107967	-0,18107967	0,54847607	-0,09783443	0,00000000
	s.B.u	-0,18136108	-0,09811584	-0,18136108	0,00000000	-0,09811584	0,54847607
101	Qz	9,72929936	9,72930953	9,72929936	0,00000000	9,72939551	0,28242677
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-68,23690142	-68,23689997	-68,23690142	0,00000000	-68,23688771	0,28242677
	Eps0	-0,01196566	-0,01196566	-0,01196566	0,00000000	-0,01196565	0,28242677
	D II	5702730,00000100	5702729,99997200	5702729,99964000	0,26225343	5702730,00006900	0,29049610
	My	-2,74388848	2,59469487	-2,74388848	0,00000000	2,59469487	0,54871486
	kz	-0,00999210	0,00944880	-0,00999210	0,00000000	0,00944880	0,54871486
	B II	274605,69922170	274605,69864340	274605,61723850	0,26225343	274606,20177740	0,29049610
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,01555620	0,54871486	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,01576265	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-1,79360487	-2,96005912	-2,96005912	0,54871486	-1,79360487	0,00000000
	s.S.u	-2,99265725	-1,82620289	-2,99265725	0,00000000	-1,82620289	0,54871486
	s.B.o	-0,04084328	-0,07778100	-0,07778100	0,54871486	-0,04084328	0,00000000
	s.B.u	-0,07881327	-0,04187555	-0,07881327	0,00000000	-0,04187555	0,54871486
102	Qz	6,50905785	6,50906410	6,50905785	0,00000000	6,50910018	0,28603726
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-44,35267669	-44,35267577	-44,35267669	0,00000000	-44,35267048	0,28603726
	Eps0	-0,00774408	-0,00774408	-0,00774408	0,00000000	-0,00774408	0,28603726
	D II	5727299,99998400	5727300,00002800	5727299,99868800	0,27395118	5727300,00026200	0,25783641
	My	-1,85436331	1,71195326	-1,85436331	0,00000000	1,71195326	0,54790236
	Kz	-0,00669888	0,00618442	-0,00669888	0,00000000	0,00618442	0,54790236
	B II	276817,00174630	276817,00075580	276815,89486400	0,27395118	276817,20813010	0,26992249
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,01009416	0,54790236	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,01028965	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-1,14688358	-1,91988157	-1,91988157	0,54790236	-1,14688358	0,00000000
	s.S.u	-1,95074893	-1,17775088	-1,95074893	0,00000000	-1,17775088	0,54790236
	s.B.o	-0,02599254	-0,05047081	-0,05047081	0,54790236	-0,02599254	0,00000000
	s.B.u	-0,05144827	-0,02697000	-0,05144827	0,00000000	-0,02697000	0,54790236
103	Qz	8,12957307	8,12958256	8,12957307	0,00000000	8,12964077	0,28634010
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-56,92066890	-56,92066754	-56,92066890	0,00000000	-56,92065923	0,28634010
	Eps0	-0,00993848	-0,00993848	-0,00993848	0,00000000	-0,00993848	0,28634010
	D II	5727300,00000400	5727300,00001900	5727299,99978300	0,27020827	5727300,00090400	0,27424123
	My	-2,31361711	2,14529233	-2,31361711	0,00000000	2,14529233	0,54848245
	kz	-0,00835793	0,00774986	-0,00835793	0,00000000	0,00774986	0,54848245
	B II	276816,99823610	276816,99810260	276816,75568170	0,27020827	276817,62204570	0,27424123
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,01288343	0,54848245	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,01311450	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-1,48622063	-2,45268784	-2,45268784	0,54848245	-1,48622063	0,00000000
	s.S.u	-2,48917223	-1,52270493	-2,48917223	0,00000000	-1,52270493	0,54848245
	s.B.o	-0,03381234	-0,06441714	-0,06441714	0,54848245	-0,03381234	0,00000000
	s.B.u	-0,06557248	-0,03496768	-0,06557248	0,00000000	-0,03496768	0,54848245

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
104	Qz	12,42915216	12,42915269	12,42915216	0,00000000	12,42930177	0,27386356
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-88,69612446	-88,69612439	-88,69612446	0,00000000	-88,69610350	0,27386356
	Eps0	-0,01548655	-0,01548655	-0,01548655	0,00000000	-0,01548655	0,27386356
	D II	5727299,99998500	5727299,99999800	5727299,99980800	0,28594578	5727300,00022300	0,28997318
	My	-3,40685773	3,40087525	-3,40685773	0,00000000	3,40087525	0,54772712
	kz	-0,01230726	0,01228564	-0,01230726	0,00000000	0,01228564	0,54772712
	B II	276817,00403830	276817,00118780	276816,70467440	0,28594578	276817,14691640	0,26178134
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,02015510	0,54772712	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,02016331	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-2,35887486	-3,83444890	-3,83444890	0,54772712	-2,35887486	0,00000000
	s.S.u	-3,83574560	-2,36017156	-3,83574560	0,00000000	-2,36017156	0,54772712
	s.B.o	-0,05404897	-0,10077548	-0,10077548	0,54772712	-0,05404897	0,00000000
	s.B.u	-0,10081654	-0,05409003	-0,10081654	0,00000000	-0,05409003	0,54772712
105	Qz	14,54724345	14,54720930	14,54720930	0,54810583	14,54743017	0,26196234
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-103,08789204	-103,08789686	-103,08789686	0,54810583	-103,08786569	0,26196234
	Eps0	-0,01799939	-0,01799939	-0,01799939	0,54810583	-0,01799938	0,26196234
	D II	5727299,99998800	5727300,00002700	5727299,99975800	0,27808310	5727300,00048100	0,27405291
	My	-3,81937495	4,15397544	-3,81937495	0,00000000	4,15397544	0,54810583
	kz	-0,01379747	0,01500622	-0,01379747	0,00000000	0,01500622	0,54810583
	B II	276817,00221930	276816,99961160	276816,92614660	0,27808310	276817,07678180	0,27405291
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,02370175	0,54810583	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,02324243	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-2,77202915	-4,50025057	-4,50025057	0,54810583	-2,77202915	0,00000000
	s.S.u	-4,42772585	-2,69950476	-4,42772585	0,00000000	-2,69950476	0,54810583
	s.B.o	-0,06378174	-0,11850875	-0,11850875	0,54810583	-0,06378174	0,00000000
	s.B.u	-0,11621214	-0,06148513	-0,11621214	0,00000000	-0,06148513	0,54810583
106	Qz	-14,54814254	-14,54810839	-14,54832929	0,26196234	-14,54810839	0,54810583
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-103,09439726	-103,09440208	-103,09440208	0,54810583	-103,09437091	0,26196234
	Eps0	-0,01800052	-0,01800052	-0,01800052	0,54810583	-0,01800052	0,26196234
	D II	5727300,00002300	5727299,99998400	5727299,99966400	0,27808310	5727300,00011300	0,28211329
	My	3,81963974	-4,15420344	-4,15420344	0,54810583	3,81963974	0,00000000
	Kz	0,01379843	-0,01500704	-0,01500704	0,54810583	0,01379843	0,00000000
	B II	276816,99965590	276816,99931250	276816,93326930	0,27405291	276817,09435960	0,28211329
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,02324393	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,02370320	0,54810583	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-4,42801041	-2,69968251	-4,42801041	0,00000000	-2,69968251	0,54810583
	s.S.u	-2,77219892	-4,50052716	-4,50052716	0,54810583	-2,77219892	0,00000000
	s.B.o	-0,11621963	-0,06148925	-0,11621963	0,00000000	-0,06148925	0,54810583
	s.B.u	-0,06378560	-0,11851599	-0,11851599	0,54810583	-0,06378560	0,00000000
107	Qz	-12,42969377	-12,42969430	-12,42984339	0,27386356	-12,42969377	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-88,70011075	-88,70011068	-88,70011075	0,00000000	-88,70008979	0,27386356
	Eps0	-0,01548725	-0,01548725	-0,01548725	0,00000000	-0,01548724	0,27386356
	D II	5727299,99999400	5727299,99997700	5727299,99930600	0,26580875	5727300,00032200	0,25775394
	My	3,40704478	-3,40098486	-3,40098486	0,54772712	3,40704478	0,00000000
	kz	0,01230793	-0,01228604	-0,01228604	0,54772712	0,01230793	0,00000000
	B II	276816,99921920	276817,00103810	276816,50242910	0,26580875	276817,07372050	0,25775394
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,02016426	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,02015594	0,54772712	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-3,83592535	-2,36028701	-3,83592535	0,00000000	-2,36028701	0,54772712
	s.S.u	-2,35897352	-3,83461186	-3,83461186	0,54772712	-2,35897352	0,00000000
	s.B.o	-0,10082131	-0,05409276	-0,10082131	0,00000000	-0,05409276	0,54772712
	s.B.u	-0,05405117	-0,10077971	-0,10077971	0,54772712	-0,05405117	0,00000000

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
108	Qz	-8,12933660	-8,12934609	-8,12940429	0,28634010	-8,12933660	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-56,91887197	-56,91887062	-56,91887197	0,00000000	-56,91886231	0,28634010
	Eps0	-0,00993817	-0,00993817	-0,00993817	0,00000000	-0,00993817	0,28634010
	D II	5727299,99998900	5727299,99999600	5727299,99974200	0,32263674	5727300,00023600	0,25810939
	My	2,31356804	-2,14521170	-2,14521170	0,54848245	2,31356804	0,00000000
	kz	0,00835775	-0,00774957	-0,00774957	0,54848245	0,00835775	0,00000000
	B II	276817,00672080	276817,00603180	276816,67371320	0,27424123	276817,11400880	0,27020827
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,01311411	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,01288300	0,54848245	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-2,48909885	-1,52265966	-2,48909885	0,00000000	-1,52265966	0,54848245
	s.S.u	-1,48616852	-2,45260762	-2,45260762	0,54848245	-1,48616852	0,00000000
	s.B.o	-0,06557057	-0,03496666	-0,06557057	0,00000000	-0,03496666	0,54848245
	s.B.u	-0,03381111	-0,06441502	-0,06441502	0,54848245	-0,03381111	0,00000000
109	Qz	-6,50848621	-6,50849246	-6,50852853	0,28603726	-6,50848621	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-44,34861950	-44,34861858	-44,34861950	0,00000000	-44,34861329	0,28603726
	Eps0	-0,00774337	-0,00774337	-0,00774337	0,00000000	-0,00774337	0,28603726
	D II	5727299,99996700	5727300,00000800	5727299,99919700	0,27395118	5727300,00048800	0,25783641
	My	1,85420986	-1,71179351	-1,71179351	0,54790236	1,85420986	0,00000000
	kz	0,00669832	-0,00618385	-0,00618385	0,54790236	0,00669832	0,00000000
	B II	276816,99828190	276817,00024470	276816,38654800	0,27395118	276817,48212660	0,26589379
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,01028874	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,01009323	0,54790236	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-1,95057400	-1,17764382	-1,95057400	0,00000000	-1,17764382	0,54790236
	s.S.u	-1,14677516	-1,91970527	-1,91970527	0,54790236	-1,14677516	0,00000000
	s.B.o	-0,05144368	-0,02696756	-0,05144368	0,00000000	-0,02696756	0,54790236
	s.B.u	-0,02599005	-0,05046617	-0,05046617	0,54790236	-0,02599005	0,00000000
110	Qz	-9,72902275	-9,72903292	-9,72911889	0,28242677	-9,72902275	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-68,23485859	-68,23485714	-68,23485859	0,00000000	-68,23484489	0,28242677
	Eps0	-0,01196530	-0,01196530	-0,01196530	0,00000000	-0,01196529	0,28242677
	D II	5702729,99999900	5702729,99999600	5702729,99883700	0,27032276	5702730,00054100	0,29049610
	My	2,74381275	-2,59461882	-2,59461882	0,54871486	2,74381275	0,00000000
	Kz	0,00999183	-0,00944853	-0,00944853	0,54871486	0,00999183	0,00000000
	B II	274605,69941120	274605,70444430	274605,23016280	0,27032276	274605,97699370	0,29049610
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,01576219	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,01555574	0,54871486	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-2,99256906	-1,82614787	-2,99256906	0,00000000	-1,82614787	0,54871486
	s.S.u	-1,79354977	-2,95997086	-2,95997086	0,54871486	-1,79354977	0,00000000
	s.B.o	-0,07881096	-0,04187429	-0,07881096	0,00000000	-0,04187429	0,54871486
	s.B.u	-0,04084201	-0,07777868	-0,07777868	0,54871486	-0,04084201	0,00000000
111	Qz	-21,93608274	-21,93608921	-21,93656423	0,27423804	-21,93608274	0,00000000
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-159,21586788	-159,21586699	-159,21586788	0,00000000	-159,21580154	0,27423804
	Eps0	-0,02791924	-0,02791924	-0,02791924	0,00000000	-0,02791922	0,27423804
	D II	5702730,00001800	5702729,99999500	5702729,99992700	0,25810639	5702730,00007800	0,32263298
	My	6,03596950	-5,99528770	-5,99528770	0,54847607	6,03596950	0,00000000
	kz	0,02198050	-0,02183235	-0,02183235	0,54847607	0,02198050	0,00000000
	B II	274605,69947730	274605,70061660	274605,69611340	0,25810639	274605,75279700	0,28633677
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,03627183	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,03621553	0,54847607	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-6,90267707	-4,27390629	-6,90267707	0,00000000	-4,27390629	0,54847607
	s.S.u	-4,26501755	-6,89378827	-6,89378827	0,54847607	-4,26501755	0,00000000
	s.B.o	-0,18135913	-0,09811472	-0,18135913	0,00000000	-0,09811472	0,54847607
	s.B.u	-0,09783324	-0,18107765	-0,18107765	0,54847607	-0,09783324	0,00000000

Numerische Berechnung

INCA2 / Stab2D-NL. © U.Pfeiffer 2004

Nr	Typ	Anfang	Ende	Minimum	bei x	Maximum	bei x
112	Qz	-69,88271200	-69,88263711	-69,88736453	0,27424123	-69,88263711	0,54848245
	GA	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Nx	-494,05076133	-494,05077192	-494,05077192	0,54848245	-494,05010321	0,27424123
	Eps0	-0,08626242	-0,08626242	-0,08626242	0,54848245	-0,08626231	0,27424123
	D II	5727299,99999600	5727299,99999400	5727299,99995400	0,25810939	5727300,00010000	0,29037306
	My	19,08749850	-19,24033056	-19,24033056	0,54848245	19,08749850	0,00000000
	kz	0,06895349	-0,06950560	-0,06950560	0,54848245	0,06895349	0,00000000
	B II	276817,00002890	276817,00006980	276816,99578210	0,22584572	276817,01116470	0,28634010
	eps,o	0,00000000	0,00000000	-0,11246475	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	eps,u	0,00000000	0,00000000	-0,11267455	0,54848245	0,00000000	0,00000000
	s.S.o	-21,38969357	-13,08214873	-21,38969357	0,00000000	-13,08214873	0,54848245
	s.S.u	-13,11527466	-21,42282024	-21,42282024	0,54848245	-13,11527466	0,00000000
	s.B.o	-0,56232374	-0,29925148	-0,56232374	0,00000000	-0,29925148	0,54848245
	s.B.u	-0,30030047	-0,56337274	-0,56337274	0,54848245	-0,30030047	0,00000000
		-69,88271200	-69,88263711	-69,88736453	0,27424123	-69,88263711	0,54848245

Name	Ort	Staat	Länge [m]	Weite [m]	Höhe [m]	Bauzeit	Querung
1. Adolphe Brücke	Luxemburg	Luxemburg	153	84	46	1889 - 1904	Petrusse River
2. Albula Viadukt	Bergrün	Schweiz	95 (Viadukt II), 137 (Viadukt III)	20	28	1904	Albula
3. Alcantara Brücke	Alcantara	Spanien	194	28,8	71	118	Tagus River
4. Alte Brücke	Würzburg	Deutschland	192	17,5		1543	Main
5. Altenbekener Viadukt	Altenbeken	Deutschland	482	15	35	1853	Beketal
6. Arten Gill Viadukt	Dentdale	Großbritannien	201		36	1871 - 1875	
7. Prof. Josef Scheidler Brücke (Autobahnbrücke Pirk)	Pirk	Deutschland	654	38	50,5	1993	Weißer Elster
8. Bahrebachviadukt	Bahrebach, Chemnitz	Deutschland	235	18	27	1872	Autobahn
9. Berthelsdorf Viadukt	Berthelsdorf	Deutschland	80		12,6	1875	
10. Ballochmyle Viadukt	Cumnock	Schottland	ca. 75	55	51	1848	Ayr River
11. Barajol, Viaduc de	Cevennen	Frankreich	237	20	57	1908	Rhue de Cheylade, Auvergne
12. Blanc, Viaduc du	Le Blanc	Frankreich	528	26	38	1886	Indre
13. Boberviadukt	Bunzlau	Polen	426		26	1846	Bober
14. Boussac, Viaduc de	Boussac	Frankreich	70	11,8		1880	Tal der Petite Creuse
15. Burtscheider Viadukt	Aachen	Deutschland	277	12	16	1840	Warmweier- bach
16. Cagne, Viaduc de la	Cagne	Frankreich	224	16		ca. 1892	Cagne
17. Calstock Viaduct	Calstock	Großbritannien	300	20		1908	Tamar
18. Canton Viaduct	Canton, MA	USA	187	6	21,3	1835	Neponset River
19. Chamborigaud Viadukt	Chamborigaud	Frankreich	387	14	60	1867	Luech River
20. Chapeaux Roux Viadukt	Chapeaux Roux	Frankreich	426	12	15	1867	
21. Chaumont Viadukt	Chaumont	Frankreich	650	10	52	1857	Suize
22. Chirk Railroad Viaduct	Chirk, Wales	Großbritannien	321	13	30	1848	Chirk Valley

Name	Ort	Staat	Länge [m]	Weite [m]	Höhe [m]	Bauzeit	Querung
23. Clava Viaduct	Culloden	Schottland	566	31		1898	Nairn
24. Combe Maran, Viaduc de	St. Ursanne	Schweiz	237	18	44	1875	Maran
25. Conversion, Viaduc de la	Pully	Schweiz	162	12	29		Bern-Lausanne
26. Day, Viaduc du	Vallorbe	Schweiz	152		59	1924	Orbe
27. Dent Head Viaduct	Dent	Großbritannien	182		30	1874	Garsdale Moor & Widdale Fell
28. Devonshire Viaduct	Plymouth	Großbritannien					Tamar River
29. Diedenhainer Viadukt	Waldheim	Deutschland	168	12	49	1852	
30. Dune Viadukt	Neuenbeken	Deutschland		15	30	1853	
31. Drususbrücke	Bingen	Deutschland	126	14	9,4	989/1772	Nahe
32. Eisenbahnbrücke	Beziers	Frankreich				13. / 14. Jahr- hundert	Orbe
33. Euerdorfer Viadukt	Euerdorf	Deutschland				1924	Saale
34. Eisenbahnviadukt Wahren	Leipzig	Deutschland	565		10	1905	
35. Elsterbrücke	Bad Köstritz	Deutschland					Elster
36. Elstertalbrücke	Reichenbach	Deutschland	279	31,15	68	1851	Elstertal
37. Enztalviadukt	Bietigheim	Deutschland	286	12	36	1854	Enz
38. Finsterer Grund Viadukt	Ernstthal	Deutschland	200		29	1913	
39. Fleischbrücke	Nürnberg	Deutschland	37	27	4	1602	Pegnitz
40. Fontpedrouse, Pont de	Fontpedrouse	Frankreich	237	30	65	1908	Têt
41. Friedensbrücke	Plauen	Deutschland	163	90	18	1903	Syratal
42. Freiburger Mulde Brücke	Niederstriegis	Deutschland	53		7,4	1868	
43. Frohnsdorfer Viadukt	Frohnsdorf	Deutschland	255	15	14	ca. 1901	Wyhra
44. Gamperlgraben Viadukt	Semmering	Österreich	152		37	1854	Gablergraben
45. Gethain Viadukt	Niedergräfenhain	Deutschland	236		17	1872	Eulabach
46. Gersdorf Viadukt	Gersdorf	Deutschland	104,78		13,4	1871	
47. Gotha Viadukt	Gotha	Deutschland	100			1847	Tal des Wilden Grabens
48. Göhrener Viadukt	Göhren	Deutschland	381/5,2	26	68	1871	Zwickauer

Name	Ort	Staat	Länge [m]	Weite [m]	Höhe [m]	Bauzeit	Querung
							Mulde
49. Göltzschtalbrücke	Reichenbach	Deutschland	574	31	78	1851	Göltzschtal
50. Görlitzer Viadukt	Görlitz	Deutschland	475		35	1847	Neisse
51. Grengiols Viadukt	Grengiols	Schweiz	106	22	49	1911/12	Rhone
52. Greene Viadukt	Kreiansen	Deutschland	8 Bogen		34	1865	B64
53. Haringworth Viaduct	Haringworth	Großbritannien	1067	12		1876	
54. Heiligenborner Viadukt	Waldheim	Deutschland	210		41	1852	
55. Hennebont, Pont de	Hennebont	Frankreich	222	26		1866	Blavet
56. Herrnhut Viadukt		Deutschland	100,5		22	1847	
57. Hetzdorfer Viadukt	Hetzdorf	Deutschland	328		43	1866/67	Flöhatal
58. Hornberger Viadukt	Hornberg	Deutschland	146		15	ca. 1863 - 1873	Reichenbachtal
59. Höllengrund Viadukt	Großschweidnitz	Deutschland	115,54		19,8	1848	
60. Ilmtalviadukt	Weimar	Deutschland	152		38	1873 - 1875	Ilm
61. Innviadukt	Cinuos-chel	Schweiz		48	50	1911	Inn
62. Innbrücke	Wiesing	Österreich	241	34		1939	Inn
63. Jiuxigou Bridge	Fengdu, Sichuan Prov.	China	116			1972	Toujiang
64. Kalte Rinne Viadukt	Semmering	Österreich	184	15	46	1854	Kalte Rinne
65. Kanderviadukt	Frutigen	Schweiz	274	25	28	1923	Kander
66. Karlsbrücke	Prag	Tschechien	516	33		1380	Moldau
67. Knaresborough Bridge	Knaresborough	Großbritannien				1851	Nidd
68. Kocherviadukt	Tullau	Deutschland	229				Kocher
69. Königsteiner Viadukt	Königstein	Deutschland	1300		5	1851	Biela
70. Krauselkause Viadukt	Semmering	Österreich	85			ca. 1848 - 1854	
71. Kreisviadukt Brusio	Brusio	Schweiz	110	10	17	1908	Eisenbahn
72. Langburkersdorf Viadukt		Deutschland	75		10	1877	
73. Lagunenbrücke	Venedig-Mestre	Italien	3657			1846	Lagune von

Name	Ort	Staat	Länge [m]	Weite [m]	Höhe [m]	Bauzeit	Querung
							Venedig
74. Landwasserviadukt	Filisur	Schweiz	142	20	65	1902	Landwasser
75. Langenwolmsdorf Viadukt		Deutschland	75		14	1875	
76. Leaderfoot Viadukt	Melrose (östlich)	Großbritannien				1973	Tweed River
77. Limoges, Viaduc de	Limoges	Frankreich	423	15	31,5	1891	Vienne
78. Limmritzer Viadukt	Limmritz	Deutschland	291	11	38	1852	Zschopau
79. Loire Brücke	Chalonnnes sur Loire	Frankreich	602	30		1863	Loire
80. Lombardsbrücke	Hamburg	Deutschland	69	17		1868	Alster
81. Longwu Bridge	Lingshan, Guangxi Prov.	China	331,5	100		1980	
82. Loup, Viaduc du		Frankreich	310	20			Loup
83. Luogelkin Viadukt	Hohentenn	Schweiz	116	20	50	1913	
84. Lützeltal Viadukt	Frankenberg	Deutschland	104,4		25,3	1868	
85. Maidenhead Railway Bridge	Maidenhead	Großbritannien	108	39	9,8	1838	Thames River
86. Marienbrücke	Dresden	Deutschland	468	28	13	1852	Elbe
87. Maritza Brücke	Pithion	Griechenland	1270				Maritza
88. Moerputtenbrug	Hertogenbosch	Niederlande	585			1882	
89. Moorswater Viadukt	Liskeard	Großbritannien	349			1916	East Looe River
90. Morlaix, Viaduc de	Morlaix	Frankreich	292	15,5	62	1864	Dossen River
91. Moulinet, Pont de	Moulinet	Schweiz				1420	Orbe
92. Moulsoford Bridge	Moulsoford	Großbritannien			6	1839	Thames River
93. Mussy-sous-Dun, Viaduct de	Mussy-sous-Dun	Frankreich	561	25	60	1895	
94. Nassentelle-Viadukt	Lauscha	Deutschland				ca. 1858	
95. Neckarbrücke	Ladenburg	Deutschland				1848	Neckar
96. Nesselgrundbrücke	Dresden-Klotzsche	Deutschland	60,5		17,4	1853	
97. Neunbogenbrücke	Hortobagy	Ungarn	167			1833	Hortobagy
98. Niedergräfenhain Viadukt		Deutschland	222		20	1871	
99. Oberbaumbrücke	Berlin	Deutschland	150	22	4	1896	Spree
100. Oberottendorf Viadukt		Deutschland	154		7,4	1877	

Name	Ort	Staat	Länge [m]	Weite [m]	Höhe [m]	Bauzeit	Querung
101. Oberlochmühle Viadukt		Deutschland	103,5		8	1923	
102. Paudeze, Viaduc de la	Pully	Schweiz	180	16		1923	
103. Pennsylvania Railroad Brick Arch Viaduct	Wilmington	USA	1000	12		1908	
104. Pianotondo Viadukt	Biaschina	Schweiz	105	10	25		Hangbrücke
105. Piesauviadukt	Lichte	Deutschland	278		35	1913	Piesau
106. Piseker Brücke	Pisek	Tschechien	540			1889	
107. Pons Fabricius	Rom	Italien	62	24		62 v. Chr.	Tiber
108. Pont Austreberth	Barentin	Frankreich	480	15	33	1844	
109. Pont National	Paris	Frankreich	188	35		1853	Seine River
110. Pont Neuf	Paris	Frankreich	238	19		1607	Seine River
111. Ponte San Trinita	Florenz	Italien	105	32		1570	Arno
112. Putzkau Viadukt		Deutschland	397		19	1879	
113. Pündericher Viadukt	Pünderich	Deutschland	786			1880	Hangviadukt
114. Pöhlbach Brücke		Deutschland	31,5		4,7	1865	
115. Ratho Viaduct	Newbridge bei Edinburg	Großbritannien				ca. 1847	Almond River
116. Rauntal Viadukt	Bad Elster	Deutschland	118,94		13,4	1863	
117. Remouchamps, Viaduc de	Remouchamps	Belgien	150			1980	Amblève River
118. Rheinfallbrücke	Schaffhausen	Schweiz	167				Rhein
119. Rialto Brücke	Venedig	Italien	28,80	22,90	7,32	1592	Canal Grande
120. Ribbleshead Viadukt	Ribble Valley	Großbritannien	402		32	1875	Ribble Valley
121. Richleren Viadukt	Hospental	Schweiz	70	21	15		Furkareuss
122. Rivoli Bianchi Viadukt		Italien	660			1879	
123. Rivoira Viadukt		Italien	233	23			
124. Roanne, Viaduc de	Roanne	Belgien	186	25	23		Amblève River
125. Rockville Bridge	Harrisburg, PE	USA	1164	21		1902	Susquehanna River

Name	Ort	Staat	Länge [m]	Weite [m]	Höhe [m]	Bauzeit	Querung
126. Rödertalbrücke	Kleinwolmsdorf	Deutschland	67,2		8,4	1846	
127. Römertalviadukt	Werdau	Deutschland	225	11	23	1845	Gospersgrüner Bach
128. Royal Border Bridge	Berwick	Großbritannien	656	18	38	1850	Tweed River
129. Ruhrviadukt	Herdecke	Deutschland	313	20	28	1878	Ruhr
130. Ruppertsdorf Viadukt	Ruppertsdorf	Deutschland	80		12	1847	
131. Rümlinger Viadukt	Rümlingen	Schweiz	128		21		
132. Russeintobel-Viadukt	Somvitg	Schweiz	106		57	1911	Russeintobel
133. Saaleviadukt	Hof	Deutschland				1848	Saale
134. Saint Cosme, Viaduc de	Tours	Frankreich					Loire
135. Saint-Antoine, Viaduc de	Saint-Antoine	Frankreich	270	12	31	1877	Aygalades
136. Salsignac, Viaduc de	Bort-les-Orgues	Frankreich	190	10	24	1907	
137. Schwarza Viadukt	Semmering	Österreich	227		15	1854	Schwarza
138. Smardale Viaduct	Crossby Garret	Großbritannien	216		40	1870 – 1875	Smardale Valley
139. Sonneberger Viadukt	Sonneberg	Deutschland	171		23	1868	
140. Starrucca Viaduct	Lanesboro, PA	USA	317	15	33,5	1848	Starrucca Creek
141. Steina Viadukt	Waldheim	Deutschland	150	14	55	1852	Steina
142. Steinpleis Viadukt	Steinpleis	Deutschland	126		16	1845	
143. Stockport Viaduct	Stockport	Großbritannien	536,45 (1/3 mile)			1840	Autobahn
144. Stone Arch Bridge	Minneapolis – St. Paul, MN	USA	759	8,54	23,4	1883	Mississippi River
145. Tarn Brücke	Albi	Frankreich				1869	Tarn River
146. Tenda Viadukt	Tende	Frankreich	191	20		1927	
147. Thomas Viaduct	Elkridge, MD	USA	186		18,9	1835	Patapsco River
148. Ulla Viadukt	Madrid	Spanien	219		86		
149. Val Bugnei Viadukt	Furka / Sedrun	Schweiz	118 (9 Bogen)	10	42		Val Bugnei
150. Viaduc Saint Léger	Saint-Chamas	Frankreich	385	6		1848	Touloubre
151. Wagnergraben Viadukt	Semmering	Österreich	149	9	39	1854	Wagnergraben

Name	Ort	Staat	Länge [m]	Weite [m]	Höhe [m]	Bauzeit	Querung
152. Wansdorf Viadukt	Wansdorf	Deutschland	100				
153. Welland Viaduct	Gretton	Großbritannien	1230	14		1878	Welland Valley
154. Weißeritzbrücke	Dresden Plauen	Deutschland	26		3,7	1895	
155. Wiesener Viadukt	Wiesen	Schweiz	210	55	88	1909	Landwasser
156. Willinger Viadukt	Willingen	Deutschland	290		31	1916	
157. Yarm Viaduct	Yarm	Großbritannien	69,5			1849	Tees River

Stab2D - Ausdruck der Ergebnisse

Dieses Programm ist lizenziert für: Dies ist eine Demoversion

Adresse :

15:00:31 02.06.2005

System : D:\statik\Stab2D\kap_9\2d-modell-modifiziert-1.ssy

Lastfall: D:\statik\Stab2D\kap_9\eingengewicht.sla

Ergebnisse: I.Ordnung

----- Knotenverschiebung -----			
Knoten	wx	wz	Rotation
1	-0.000	-0.000	-0.000
2	9.624e-06	2.144e-05	5.830e-05
3	7.421e-05	8.729e-05	7.486e-05
4	9.491e-05	0.0001174	5.094e-05
5	0.0001115	0.0001642	2.541e-05
6	0.0001110	0.0001823	1.926e-05
7	0.0001058	0.0002148	1.544e-05
8	0.0001004	0.0002290	1.478e-05
9	8.927e-05	0.0002573	1.378e-05
10	8.150e-05	0.0002691	1.218e-05
11	6.496e-05	0.0002911	9.528e-06
12	5.497e-05	0.0002989	7.625e-06
13	3.419e-05	0.0003123	4.481e-06
14	2.289e-05	0.0003155	2.775e-06
15	3.801e-14	0.0003200	2.307e-14
16	-2.289e-05	0.0003155	-2.775e-06
17	-3.419e-05	0.0003123	-4.481e-06
18	-5.497e-05	0.0002989	-7.625e-06
19	-6.496e-05	0.0002911	-9.528e-06
20	-8.150e-05	0.0002691	-1.218e-05
21	-8.927e-05	0.0002573	-1.378e-05
22	-0.0001004	0.0002290	-1.478e-05
23	-0.0001058	0.0002148	-1.544e-05
24	-0.0001110	0.0001823	-1.926e-05
25	-0.0001115	0.0001642	-2.541e-05
26	-9.491e-05	0.0001174	-5.094e-05
27	-7.421e-05	8.729e-05	-7.486e-05
28	-9.624e-06	2.144e-05	-5.830e-05
29	-0.000	-0.000	-0.000
41	-0.000	0.0003279	-4.502e-07
42	-1.352e-06	0.0003298	-4.057e-07
43	-2.137e-06	0.0003308	-3.355e-07
44	-3.549e-06	0.0003325	-9.842e-08
45	-4.220e-06	0.0003333	2.815e-08
46	-5.103e-06	0.0003346	3.342e-07
47	-5.448e-06	0.0003352	4.866e-07
48	-5.511e-06	0.0003361	7.998e-07
49	-5.435e-06	0.0003367	9.283e-07
50	-4.659e-06	0.0003375	1.092e-06
51	-4.213e-06	0.0003380	1.106e-06
52	-2.880e-06	0.0003388	9.305e-07
53	-2.230e-06	0.0003392	7.663e-07
54	-7.175e-07	0.0003396	2.670e-07
55	4.614e-13	0.0003396	7.497e-14
56	7.175e-07	0.0003396	-2.670e-07
57	2.230e-06	0.0003392	-7.663e-07
58	2.880e-06	0.0003388	-9.305e-07
59	4.213e-06	0.0003380	-1.106e-06
60	4.659e-06	0.0003375	-1.092e-06
61	5.435e-06	0.0003367	-9.283e-07
62	5.511e-06	0.0003361	-7.998e-07
63	5.448e-06	0.0003352	-4.866e-07
64	5.103e-06	0.0003346	-3.342e-07
65	4.220e-06	0.0003333	-2.815e-08
66	3.549e-06	0.0003325	9.842e-08
67	2.137e-06	0.0003308	3.355e-07
68	1.352e-06	0.0003298	4.057e-07
69	-0.000	0.0003279	4.502e-07
102	1.123e-05	1.735e-05	5.830e-05
104	9.686e-05	0.0001141	5.094e-05
106	0.0001119	0.0001811	1.926e-05
108	0.0001012	0.0002283	1.478e-05
110	8.228e-05	0.0002686	1.218e-05
112	5.551e-05	0.0002987	7.625e-06
114	2.310e-05	0.0003155	2.775e-06
116	-2.310e-05	0.0003155	-2.775e-06
118	-5.551e-05	0.0002987	-7.625e-06
120	-8.228e-05	0.0002686	-1.218e-05
122	-0.0001012	0.0002283	-1.478e-05
124	-0.0001119	0.0001811	-1.926e-05
126	-9.686e-05	0.0001141	-5.094e-05
128	-1.123e-05	1.735e-05	-5.830e-05
142	-1.420e-06	0.0003297	-4.059e-07
144	-3.669e-06	0.0003324	-9.860e-08
146	-5.199e-06	0.0003345	3.341e-07
148	-5.618e-06	0.0003361	7.997e-07
150	-4.758e-06	0.0003375	1.092e-06
152	-2.958e-06	0.0003388	9.304e-07
154	-7.385e-07	0.0003396	2.669e-07
156	7.385e-07	0.0003396	-2.669e-07
158	2.958e-06	0.0003388	-9.304e-07
160	4.758e-06	0.0003375	-1.092e-06
162	5.618e-06	0.0003361	-7.997e-07
164	5.199e-06	0.0003345	-3.341e-07
166	3.669e-06	0.0003324	9.860e-08
168	1.420e-06	0.0003297	4.059e-07
----- Verschiebung des Stabes 1 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-5.220e-07	3.314e-06	

0.4000	2.709e-07	7.151e-06
0.6000	2.287e-06	1.148e-05
0.8000	5.435e-06	1.625e-05
----- Verschiebung des Stabes 2 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	1.998e-05	3.332e-05
0.4000	3.289e-05	4.649e-05
0.6000	4.708e-05	6.030e-05
0.8000	6.128e-05	7.411e-05
----- Verschiebung des Stabes 3 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	7.930e-05	9.389e-05
0.4000	8.385e-05	0.0001002
0.6000	8.793e-05	0.0001061
0.8000	9.159e-05	0.0001119
----- Verschiebung des Stabes 4 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	0.0001000	0.0001281
0.4000	0.0001042	0.0001381
0.6000	0.0001076	0.0001475
0.8000	0.0001100	0.0001562
----- Verschiebung des Stabes 5 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	0.0001117	0.0001690
0.4000	0.0001116	0.0001717
0.6000	0.0001115	0.0001753
0.8000	0.0001113	0.0001788
----- Verschiebung des Stabes 6 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	0.0001101	0.0001889
0.4000	0.0001092	0.0001956
0.6000	0.0001083	0.0002022
0.8000	0.0001071	0.0002086
----- Verschiebung des Stabes 7 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	0.0001048	0.0002177
0.4000	0.0001037	0.0002205
0.6000	0.0001026	0.0002234
0.8000	0.0001015	0.0002262
----- Verschiebung des Stabes 8 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	9.810e-05	0.0002346
0.4000	9.595e-05	0.0002404
0.6000	9.384e-05	0.0002462
0.8000	9.165e-05	0.0002519
----- Verschiebung des Stabes 9 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	8.777e-05	0.0002598
0.4000	8.622e-05	0.0002621
0.6000	8.465e-05	0.0002644
0.8000	8.307e-05	0.0002667
----- Verschiebung des Stabes 10 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	7.821e-05	0.0002735
0.4000	7.498e-05	0.0002781
0.6000	7.175e-05	0.0002827
0.8000	6.843e-05	0.0002870
----- Verschiebung des Stabes 11 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	6.300e-05	0.0002927
0.4000	6.101e-05	0.0002943
0.6000	5.900e-05	0.0002958
0.8000	5.698e-05	0.0002973
----- Verschiebung des Stabes 12 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	5.084e-05	0.0003017
0.4000	4.674e-05	0.0003046
0.6000	4.262e-05	0.0003074
0.8000	3.845e-05	0.0003100
----- Verschiebung des Stabes 13 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	3.195e-05	0.0003131
0.4000	2.969e-05	0.0003137
0.6000	2.743e-05	0.0003143
0.8000	2.516e-05	0.0003149
----- Verschiebung des Stabes 14 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	1.832e-05	0.0003165
0.4000	1.375e-05	0.0003176
0.6000	9.183e-06	0.0003187


```

0.8000  4.602e-06  0.0003195

----- Verschiebung des Stabes  15 in 1/5  Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -4.602e-06  0.0003195
0.4000 -9.183e-06  0.0003187
0.6000 -1.375e-05  0.0003176
0.8000 -1.832e-05  0.0003165

----- Verschiebung des Stabes  16 in 1/5  Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -2.516e-05  0.0003149
0.4000 -2.743e-05  0.0003143
0.6000 -2.969e-05  0.0003137
0.8000 -3.195e-05  0.0003131

----- Verschiebung des Stabes  17 in 1/5  Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -3.845e-05  0.0003100
0.4000 -4.262e-05  0.0003074
0.6000 -4.674e-05  0.0003046
0.8000 -5.084e-05  0.0003017

----- Verschiebung des Stabes  18 in 1/5  Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -5.698e-05  0.0002973
0.4000 -5.900e-05  0.0002958
0.6000 -6.101e-05  0.0002943
0.8000 -6.300e-05  0.0002927

----- Verschiebung des Stabes  19 in 1/5  Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -6.843e-05  0.0002870
0.4000 -7.175e-05  0.0002827
0.6000 -7.498e-05  0.0002781
0.8000 -7.821e-05  0.0002735

----- Verschiebung des Stabes  20 in 1/5  Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -8.307e-05  0.0002667
0.4000 -8.465e-05  0.0002644
0.6000 -8.622e-05  0.0002621
0.8000 -8.777e-05  0.0002598

----- Verschiebung des Stabes  21 in 1/5  Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -9.165e-05  0.0002519
0.4000 -9.384e-05  0.0002462
0.6000 -9.595e-05  0.0002404
0.8000 -9.810e-05  0.0002346

----- Verschiebung des Stabes  22 in 1/5  Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -0.0001015  0.0002262
0.4000 -0.0001026  0.0002234
0.6000 -0.0001037  0.0002205
0.8000 -0.0001048  0.0002177

----- Verschiebung des Stabes  23 in 1/5  Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -0.0001071  0.0002086
0.4000 -0.0001083  0.0002022
0.6000 -0.0001092  0.0001956
0.8000 -0.0001101  0.0001889

----- Verschiebung des Stabes  24 in 1/5  Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -0.0001113  0.0001788
0.4000 -0.0001115  0.0001753
0.6000 -0.0001116  0.0001717
0.8000 -0.0001117  0.0001680

----- Verschiebung des Stabes  25 in 1/5  Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -0.0001100  0.0001562
0.4000 -0.0001076  0.0001475
0.6000 -0.0001042  0.0001381
0.8000 -0.0001000  0.0001281

----- Verschiebung des Stabes  26 in 1/5  Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -9.159e-05  0.0001119
0.4000 -8.793e-05  0.0001061
0.6000 -8.385e-05  0.0001002
0.8000 -7.930e-05  9.389e-05

----- Verschiebung des Stabes  27 in 1/5  Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -6.128e-05  7.411e-05
0.4000 -4.708e-05  6.030e-05
0.6000 -3.289e-05  4.649e-05
0.8000 -1.998e-05  3.332e-05

```

----- Verschiebung des Stabes 28 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-5.435e-06	1.625e-05	
0.4000	-2.287e-06	1.148e-05	
0.6000	-2.709e-07	7.151e-06	
0.8000	5.220e-07	3.314e-06	
----- Verschiebung des Stabes 41 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-2.789e-07	0.0003283	
0.4000	-5.485e-07	0.0003286	
0.6000	-8.140e-07	0.0003290	
0.8000	-1.080e-06	0.0003294	
----- Verschiebung des Stabes 42 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-1.513e-06	0.0003300	
0.4000	-1.671e-06	0.0003302	
0.6000	-1.826e-06	0.0003304	
0.8000	-1.981e-06	0.0003306	
----- Verschiebung des Stabes 43 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-2.446e-06	0.0003311	
0.4000	-2.733e-06	0.0003315	
0.6000	-3.006e-06	0.0003318	
0.8000	-3.275e-06	0.0003322	
----- Verschiebung des Stabes 44 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-3.690e-06	0.0003327	
0.4000	-3.825e-06	0.0003328	
0.6000	-3.957e-06	0.0003330	
0.8000	-4.088e-06	0.0003332	
----- Verschiebung des Stabes 45 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-4.428e-06	0.0003336	
0.4000	-4.609e-06	0.0003338	
0.6000	-4.773e-06	0.0003340	
0.8000	-4.934e-06	0.0003343	
----- Verschiebung des Stabes 46 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-5.180e-06	0.0003347	
0.4000	-5.249e-06	0.0003348	
0.6000	-5.315e-06	0.0003349	
0.8000	-5.380e-06	0.0003351	
----- Verschiebung des Stabes 47 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-5.490e-06	0.0003354	
0.4000	-5.504e-06	0.0003355	
0.6000	-5.503e-06	0.0003357	
0.8000	-5.501e-06	0.0003359	
----- Verschiebung des Stabes 48 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-5.501e-06	0.0003362	
0.4000	-5.486e-06	0.0003363	
0.6000	-5.468e-06	0.0003364	
0.8000	-5.450e-06	0.0003366	
----- Verschiebung des Stabes 49 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-5.298e-06	0.0003368	
0.4000	-5.140e-06	0.0003370	
0.6000	-4.973e-06	0.0003372	
0.8000	-4.808e-06	0.0003374	
----- Verschiebung des Stabes 50 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-4.572e-06	0.0003376	
0.4000	-4.482e-06	0.0003377	
0.6000	-4.391e-06	0.0003378	
0.8000	-4.300e-06	0.0003379	
----- Verschiebung des Stabes 51 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-3.951e-06	0.0003382	
0.4000	-3.677e-06	0.0003384	
0.6000	-3.402e-06	0.0003385	
0.8000	-3.133e-06	0.0003387	
----- Verschiebung des Stabes 52 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-2.750e-06	0.0003389	
0.4000	-2.618e-06	0.0003390	
0.6000	-2.487e-06	0.0003391	
0.8000	-2.357e-06	0.0003391	
----- Verschiebung des Stabes 53 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	

	0.2000	-1.926e-06	0.0003393		
	0.4000	-1.619e-06	0.0003394		
	0.6000	-1.313e-06	0.0003395		
	0.8000	-1.011e-06	0.0003396		

----- Verschiebung des Stabes 54 in 1/5 Punkten -----					
xi-Position	wx		wz		

	0.2000	-5.739e-07	0.0003396		
	0.4000	-4.301e-07	0.0003396		
	0.6000	-2.864e-07	0.0003396		
	0.8000	-1.430e-07	0.0003396		

----- Verschiebung des Stabes 55 in 1/5 Punkten -----					
xi-Position	wx		wz		

	0.2000	1.434e-07	0.0003396		
	0.4000	2.866e-07	0.0003396		
	0.6000	4.299e-07	0.0003396		
	0.8000	5.734e-07	0.0003396		

----- Verschiebung des Stabes 56 in 1/5 Punkten -----					
xi-Position	wx		wz		

	0.2000	1.018e-06	0.0003396		
	0.4000	1.316e-06	0.0003395		
	0.6000	1.616e-06	0.0003394		
	0.8000	1.920e-06	0.0003393		

----- Verschiebung des Stabes 57 in 1/5 Punkten -----					
xi-Position	wx		wz		

	0.2000	2.360e-06	0.0003391		
	0.4000	2.489e-06	0.0003391		
	0.6000	2.617e-06	0.0003390		
	0.8000	2.747e-06	0.0003389		

----- Verschiebung des Stabes 58 in 1/5 Punkten -----					
xi-Position	wx		wz		

	0.2000	3.149e-06	0.0003387		
	0.4000	3.410e-06	0.0003385		
	0.6000	3.670e-06	0.0003384		
	0.8000	3.935e-06	0.0003382		

----- Verschiebung des Stabes 59 in 1/5 Punkten -----					
xi-Position	wx		wz		

	0.2000	4.305e-06	0.0003379		
	0.4000	4.393e-06	0.0003378		
	0.6000	4.480e-06	0.0003377		
	0.8000	4.567e-06	0.0003376		

----- Verschiebung des Stabes 60 in 1/5 Punkten -----					
xi-Position	wx		wz		

	0.2000	4.830e-06	0.0003374		
	0.4000	4.983e-06	0.0003372		
	0.6000	5.129e-06	0.0003370		
	0.8000	5.276e-06	0.0003368		

----- Verschiebung des Stabes 61 in 1/5 Punkten -----					
xi-Position	wx		wz		

	0.2000	5.456e-06	0.0003366		
	0.4000	5.471e-06	0.0003364		
	0.6000	5.483e-06	0.0003363		
	0.8000	5.496e-06	0.0003362		

----- Verschiebung des Stabes 62 in 1/5 Punkten -----					
xi-Position	wx		wz		

	0.2000	5.526e-06	0.0003359		
	0.4000	5.516e-06	0.0003357		
	0.6000	5.492e-06	0.0003355		
	0.8000	5.466e-06	0.0003353		

----- Verschiebung des Stabes 63 in 1/5 Punkten -----					
xi-Position	wx		wz		

	0.2000	5.386e-06	0.0003351		
	0.4000	5.318e-06	0.0003349		
	0.6000	5.246e-06	0.0003348		
	0.8000	5.174e-06	0.0003347		

----- Verschiebung des Stabes 64 in 1/5 Punkten -----					
xi-Position	wx		wz		

	0.2000	4.957e-06	0.0003343		
	0.4000	4.785e-06	0.0003341		
	0.6000	4.597e-06	0.0003338		
	0.8000	4.406e-06	0.0003336		

----- Verschiebung des Stabes 65 in 1/5 Punkten -----					
xi-Position	wx		wz		

	0.2000	4.093e-06	0.0003332		
	0.4000	3.959e-06	0.0003330		
	0.6000	3.823e-06	0.0003328		
	0.8000	3.685e-06	0.0003327		

----- Verschiebung des Stabes 66 in 1/5 Punkten -----					
xi-Position	wx		wz		

	0.2000	3.292e-06	0.0003322		

0.4000	3.015e-06	0.0003318
0.6000	2.724e-06	0.0003315
0.8000	2.429e-06	0.0003311
----- Verschiebung des Stabes 67 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	1.985e-06	0.0003306
0.4000	1.828e-06	0.0003304
0.6000	1.669e-06	0.0003302
0.8000	1.510e-06	0.0003300
----- Verschiebung des Stabes 68 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	1.091e-06	0.0003294
0.4000	8.196e-07	0.0003290
0.6000	5.429e-07	0.0003286
0.8000	2.675e-07	0.0003282
----- Verschiebung des Stabes 80 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	1.707e-22	6.557e-05
0.4000	5.121e-22	0.0001311
0.6000	7.681e-22	0.0001967
0.8000	6.828e-22	0.0002623
----- Verschiebung des Stabes 81 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	5.894e-05	0.0001360
0.4000	4.367e-05	0.0001847
0.6000	2.840e-05	0.0002334
0.8000	1.313e-05	0.0002821
----- Verschiebung des Stabes 82 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	8.839e-05	0.0001980
0.4000	6.524e-05	0.0002319
0.6000	4.208e-05	0.0002657
0.8000	1.893e-05	0.0002995
----- Verschiebung des Stabes 83 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	8.354e-05	0.0002389
0.4000	6.130e-05	0.0002630
0.6000	3.905e-05	0.0002870
0.8000	1.680e-05	0.0003111
----- Verschiebung des Stabes 84 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	7.033e-05	0.0002732
0.4000	5.139e-05	0.0002891
0.6000	3.245e-05	0.0003049
0.8000	1.351e-05	0.0003208
----- Verschiebung des Stabes 85 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	5.113e-05	0.0003005
0.4000	3.729e-05	0.0003099
0.6000	2.346e-05	0.0003192
0.8000	9.622e-06	0.0003286
----- Verschiebung des Stabes 86 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	2.691e-05	0.0003177
0.4000	1.962e-05	0.0003231
0.6000	1.234e-05	0.0003284
0.8000	5.054e-06	0.0003338
----- Verschiebung des Stabes 87 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	1.227e-13	0.0003239
0.4000	2.074e-13	0.0003279
0.6000	2.921e-13	0.0003318
0.8000	3.768e-13	0.0003357
----- Verschiebung des Stabes 88 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	-2.691e-05	0.0003177
0.4000	-1.962e-05	0.0003231
0.6000	-1.234e-05	0.0003284
0.8000	-5.054e-06	0.0003338
----- Verschiebung des Stabes 89 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	-5.113e-05	0.0003005
0.4000	-3.729e-05	0.0003099
0.6000	-2.346e-05	0.0003192
0.8000	-9.622e-06	0.0003286
----- Verschiebung des Stabes 90 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	-7.033e-05	0.0002732
0.4000	-5.139e-05	0.0002891
0.6000	-3.245e-05	0.0003049

```

0.8000 -1.351e-05 0.0003208

----- Verschiebung des Stabes 91 in 1/5 Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -8.354e-05 0.0002389
0.4000 -6.130e-05 0.0002630
0.6000 -3.905e-05 0.0002870
0.8000 -1.680e-05 0.0003111

----- Verschiebung des Stabes 92 in 1/5 Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -8.839e-05 0.0001980
0.4000 -6.524e-05 0.0002319
0.6000 -4.208e-05 0.0002657
0.8000 -1.893e-05 0.0002995

----- Verschiebung des Stabes 93 in 1/5 Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -5.894e-05 0.0001360
0.4000 -4.367e-05 0.0001847
0.6000 -2.840e-05 0.0002334
0.8000 -1.313e-05 0.0002821

----- Verschiebung des Stabes 94 in 1/5 Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 3.410e-21 6.557e-05
0.4000 5.672e-21 0.0001311
0.6000 6.229e-21 0.0001967
0.8000 4.524e-21 0.0002623

----- Verschiebung des Stabes 101 in 1/5 Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 9.944e-06 2.062e-05
0.4000 1.026e-05 1.980e-05
0.6000 1.059e-05 1.899e-05
0.8000 1.091e-05 1.817e-05

----- Verschiebung des Stabes 102 in 1/5 Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 9.530e-05 0.0001167
0.4000 9.569e-05 0.0001161
0.6000 9.608e-05 0.0001154
0.8000 9.647e-05 0.0001147

----- Verschiebung des Stabes 103 in 1/5 Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 0.0001112 0.0001820
0.4000 0.0001114 0.0001818
0.6000 0.0001115 0.0001816
0.8000 0.0001117 0.0001814

----- Verschiebung des Stabes 104 in 1/5 Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 0.0001005 0.0002289
0.4000 0.0001007 0.0002287
0.6000 0.0001009 0.0002286
0.8000 0.0001010 0.0002284

----- Verschiebung des Stabes 105 in 1/5 Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 8.165e-05 0.0002690
0.4000 8.181e-05 0.0002689
0.6000 8.197e-05 0.0002688
0.8000 8.212e-05 0.0002687

----- Verschiebung des Stabes 106 in 1/5 Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 5.508e-05 0.0002988
0.4000 5.519e-05 0.0002988
0.6000 5.530e-05 0.0002987
0.8000 5.541e-05 0.0002987

----- Verschiebung des Stabes 107 in 1/5 Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 2.293e-05 0.0003155
0.4000 2.297e-05 0.0003155
0.6000 2.302e-05 0.0003155
0.8000 2.306e-05 0.0003155

----- Verschiebung des Stabes 108 in 1/5 Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -2.293e-05 0.0003155
0.4000 -2.297e-05 0.0003155
0.6000 -2.302e-05 0.0003155
0.8000 -2.306e-05 0.0003155

----- Verschiebung des Stabes 109 in 1/5 Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -5.508e-05 0.0002988
0.4000 -5.519e-05 0.0002988
0.6000 -5.530e-05 0.0002987
0.8000 -5.541e-05 0.0002987

```

----- Verschiebung des Stabes 110 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-8.165e-05	0.0002690	
0.4000	-8.181e-05	0.0002689	
0.6000	-8.197e-05	0.0002688	
0.8000	-8.212e-05	0.0002687	
----- Verschiebung des Stabes 111 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-0.0001005	0.0002289	
0.4000	-0.0001007	0.0002287	
0.6000	-0.0001009	0.0002286	
0.8000	-0.0001010	0.0002284	
----- Verschiebung des Stabes 112 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-0.0001112	0.0001820	
0.4000	-0.0001114	0.0001818	
0.6000	-0.0001115	0.0001816	
0.8000	-0.0001117	0.0001814	
----- Verschiebung des Stabes 113 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-9.530e-05	0.0001167	
0.4000	-9.569e-05	0.0001161	
0.6000	-9.608e-05	0.0001154	
0.8000	-9.647e-05	0.0001147	
----- Verschiebung des Stabes 114 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-9.944e-06	2.062e-05	
0.4000	-1.026e-05	1.980e-05	
0.6000	-1.059e-05	1.899e-05	
0.8000	-1.091e-05	1.817e-05	
----- Verschiebung des Stabes 121 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-1.365e-06	0.0003298	
0.4000	-1.379e-06	0.0003298	
0.6000	-1.393e-06	0.0003297	
0.8000	-1.407e-06	0.0003297	
----- Verschiebung des Stabes 122 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-3.573e-06	0.0003325	
0.4000	-3.597e-06	0.0003325	
0.6000	-3.621e-06	0.0003325	
0.8000	-3.645e-06	0.0003324	
----- Verschiebung des Stabes 123 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-5.122e-06	0.0003346	
0.4000	-5.141e-06	0.0003346	
0.6000	-5.160e-06	0.0003345	
0.8000	-5.180e-06	0.0003345	
----- Verschiebung des Stabes 124 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-5.532e-06	0.0003361	
0.4000	-5.553e-06	0.0003361	
0.6000	-5.575e-06	0.0003361	
0.8000	-5.596e-06	0.0003361	
----- Verschiebung des Stabes 125 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-4.678e-06	0.0003375	
0.4000	-4.698e-06	0.0003375	
0.6000	-4.718e-06	0.0003375	
0.8000	-4.738e-06	0.0003375	
----- Verschiebung des Stabes 126 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-2.895e-06	0.0003388	
0.4000	-2.911e-06	0.0003388	
0.6000	-2.927e-06	0.0003388	
0.8000	-2.943e-06	0.0003388	
----- Verschiebung des Stabes 127 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	-7.217e-07	0.0003396	
0.4000	-7.259e-07	0.0003396	
0.6000	-7.301e-07	0.0003396	
0.8000	-7.343e-07	0.0003396	
----- Verschiebung des Stabes 128 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	
0.2000	7.217e-07	0.0003396	
0.4000	7.259e-07	0.0003396	
0.6000	7.301e-07	0.0003396	
0.8000	7.343e-07	0.0003396	
----- Verschiebung des Stabes 129 in 1/5 Punkten -----			
xi-Position	wx	wz	

0.2000	2.895e-06	0.0003388
0.4000	2.911e-06	0.0003388
0.6000	2.927e-06	0.0003388
0.8000	2.943e-06	0.0003388

----- Verschiebung des Stabes 130 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	4.678e-06	0.0003375
0.4000	4.698e-06	0.0003375
0.6000	4.718e-06	0.0003375
0.8000	4.738e-06	0.0003375

----- Verschiebung des Stabes 131 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	5.532e-06	0.0003361
0.4000	5.553e-06	0.0003361
0.6000	5.575e-06	0.0003361
0.8000	5.596e-06	0.0003361

----- Verschiebung des Stabes 132 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	5.122e-06	0.0003346
0.4000	5.141e-06	0.0003346
0.6000	5.160e-06	0.0003345
0.8000	5.180e-06	0.0003345

----- Verschiebung des Stabes 133 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	3.573e-06	0.0003325
0.4000	3.597e-06	0.0003325
0.6000	3.621e-06	0.0003325
0.8000	3.645e-06	0.0003324

----- Verschiebung des Stabes 134 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	1.365e-06	0.0003298
0.4000	1.379e-06	0.0003298
0.6000	1.393e-06	0.0003297
0.8000	1.407e-06	0.0003297

----- Verschiebung des Stabes 141 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	8.697e-06	7.983e-05
0.4000	6.167e-06	0.0001423
0.6000	3.638e-06	0.0002048
0.8000	1.109e-06	0.0002672

----- Verschiebung des Stabes 142 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	7.675e-05	0.0001577
0.4000	5.665e-05	0.0002014
0.6000	3.654e-05	0.0002451
0.8000	1.644e-05	0.0002888

----- Verschiebung des Stabes 143 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	8.848e-05	0.0002118
0.4000	6.506e-05	0.0002425
0.6000	4.164e-05	0.0002732
0.8000	1.822e-05	0.0003038

----- Verschiebung des Stabes 144 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	7.984e-05	0.0002498
0.4000	5.847e-05	0.0002714
0.6000	3.711e-05	0.0002930
0.8000	1.575e-05	0.0003145

----- Verschiebung des Stabes 145 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	6.487e-05	0.0002824
0.4000	4.746e-05	0.0002962
0.6000	3.006e-05	0.0003100
0.8000	1.265e-05	0.0003237

----- Verschiebung des Stabes 146 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	4.382e-05	0.0003067
0.4000	3.212e-05	0.0003147
0.6000	2.043e-05	0.0003228
0.8000	8.736e-06	0.0003308

----- Verschiebung des Stabes 147 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	1.833e-05	0.0003203
0.4000	1.356e-05	0.0003251
0.6000	8.796e-06	0.0003300
0.8000	4.029e-06	0.0003348

----- Verschiebung des Stabes 148 in 1/5 Punkten -----		
xi-Position	wx	wz

0.2000	-1.833e-05	0.0003203

```

0.4000 -1.356e-05 0.0003251
0.6000 -8.796e-06 0.0003300
0.8000 -4.029e-06 0.0003348

```

```

----- Verschiebung des Stabes 149 in 1/5 Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -4.382e-05 0.0003067
0.4000 -3.212e-05 0.0003147
0.6000 -2.043e-05 0.0003228
0.8000 -8.736e-06 0.0003308

```

```

----- Verschiebung des Stabes 150 in 1/5 Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -6.487e-05 0.0002824
0.4000 -4.746e-05 0.0002962
0.6000 -3.006e-05 0.0003100
0.8000 -1.265e-05 0.0003237

```

```

----- Verschiebung des Stabes 151 in 1/5 Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -7.984e-05 0.0002498
0.4000 -5.847e-05 0.0002714
0.6000 -3.711e-05 0.0002930
0.8000 -1.575e-05 0.0003145

```

```

----- Verschiebung des Stabes 152 in 1/5 Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -8.848e-05 0.0002118
0.4000 -6.506e-05 0.0002425
0.6000 -4.164e-05 0.0002732
0.8000 -1.822e-05 0.0003038

```

```

----- Verschiebung des Stabes 153 in 1/5 Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -7.675e-05 0.0001577
0.4000 -5.665e-05 0.0002014
0.6000 -3.654e-05 0.0002451
0.8000 -1.644e-05 0.0002888

```

```

----- Verschiebung des Stabes 154 in 1/5 Punkten -----
xi-Position      wx      wz
-----
0.2000 -8.697e-06 7.983e-05
0.4000 -6.167e-06 0.0001423
0.6000 -3.638e-06 0.0002048
0.8000 -1.109e-06 0.0002672

```


----- Schnittkräfte -----				
Stab Nr.1				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-1068.	0.000	-1068.	0.000
Q	111.1	0.000	111.1	0.000
M	-125.2	1.000	-185.5	0.000
Stab Nr.2				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-974.9	0.000	-974.9	0.000
Q	200.7	0.000	200.7	0.000
M	87.07	1.000	-131.2	0.000
Stab Nr.3				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-964.5	0.000	-964.5	0.000
Q	-85.91	0.000	-85.91	0.000
M	87.07	0.000	40.36	1.000
Stab Nr.4				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-902.8	0.000	-902.8	0.000
Q	-2.608	0.000	-2.608	0.000
M	35.44	0.000	32.60	1.000
Stab Nr.5				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-903.4	0.000	-903.4	0.000
Q	-59.68	0.000	-59.68	0.000
M	32.60	0.000	0.1389	1.000
Stab Nr.6				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-852.2	0.000	-852.2	0.000
Q	16.46	0.000	16.46	0.000
M	14.04	1.000	-3.870	0.000
Stab Nr.7				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-851.7	0.000	-851.7	0.000
Q	-45.10	0.000	-45.10	0.000
M	14.04	0.000	-10.49	1.000
Stab Nr.8				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-811.0	0.000	-811.0	0.000
Q	27.48	0.000	27.48	0.000
M	16.26	1.000	-13.60	0.000
Stab Nr.9				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-809.7	0.000	-809.7	0.000
Q	-44.19	0.000	-44.19	0.000
M	16.26	0.000	-7.784	1.000
Stab Nr.10				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-780.6	0.000	-780.6	0.000
Q	24.97	0.000	24.97	0.000
M	17.11	1.000	-10.03	0.000
Stab Nr.11				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-779.1	0.000	-779.1	0.000
Q	-44.30	0.000	-44.30	0.000
M	17.11	0.000	-6.969	1.000
Stab Nr.12				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-761.5	0.000	-761.5	0.000
Q	23.08	0.000	23.08	0.000
M	16.73	1.000	-8.361	0.000
Stab Nr.13				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-760.3	0.000	-760.3	0.000
Q	-44.84	0.000	-44.84	0.000
M	16.73	0.000	-7.647	1.000
Stab Nr.14				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-754.2	0.000	-754.2	0.000
Q	21.83	0.000	21.83	0.000
M	15.57	1.000	-8.180	0.000
Stab Nr.15				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-754.2	0.000	-754.2	0.000
Q	-21.83	0.000	-21.83	0.000
M	15.57	0.000	-8.180	1.000

Stab Nr.16				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-760.3	0.000	-760.3	0.000
Q	44.84	0.000	44.84	0.000
M	16.73	1.000	-7.647	0.000
Stab Nr.17				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-761.5	0.000	-761.5	0.000
Q	-23.08	0.000	-23.08	0.000
M	16.73	0.000	-8.361	1.000
Stab Nr.18				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-779.1	0.000	-779.1	0.000
Q	44.30	0.000	44.30	0.000
M	17.11	1.000	-6.969	0.000
Stab Nr.19				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-780.6	0.000	-780.6	0.000
Q	-24.97	0.000	-24.97	0.000
M	17.11	0.000	-10.03	1.000
Stab Nr.20				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-809.7	0.000	-809.7	0.000
Q	44.19	0.000	44.19	0.000
M	16.26	1.000	-7.784	0.000
Stab Nr.21				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-811.0	0.000	-811.0	0.000
Q	-27.48	0.000	-27.48	0.000
M	16.26	0.000	-13.60	1.000
Stab Nr.22				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-851.7	0.000	-851.7	0.000
Q	45.10	0.000	45.10	0.000
M	14.04	1.000	-10.49	0.000
Stab Nr.23				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-852.2	0.000	-852.2	0.000
Q	-16.46	0.000	-16.46	0.000
M	14.04	0.000	-3.870	1.000
Stab Nr.24				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-903.4	0.000	-903.4	0.000
Q	59.68	0.000	59.68	0.000
M	32.60	1.000	0.1389	0.000
Stab Nr.25				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-902.8	0.000	-902.8	0.000
Q	2.608	0.000	2.608	0.000
M	35.44	1.000	32.60	0.000
Stab Nr.26				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-964.5	0.000	-964.5	0.000
Q	85.91	0.000	85.91	0.000
M	87.07	1.000	40.36	0.000
Stab Nr.27				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-974.9	0.000	-974.9	0.000
Q	-200.7	0.000	-200.7	0.000
M	87.07	0.000	-131.2	1.000
Stab Nr.28				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-1068.	0.000	-1068.	0.000
Q	-111.1	0.000	-111.1	0.000
M	-125.2	0.000	-185.5	1.000
Stab Nr.41				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-257.7	1.000	-382.1	0.000
Q	-247.4	0.000	-301.0	1.000
M	8.872e-11	0.000	-302.8	1.000
Stab Nr.42				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-303.8	1.000	-363.0	0.000
Q	-272.5	0.000	-304.5	1.000
M	-308.8	0.000	-468.5	1.000

Stab Nr. 43				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-196.8	1.000	-307.3	0.000
Q	92.49	0.000	19.78	1.000
M	-406.5	1.000	-468.5	0.000
Stab Nr. 44				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-203.7	1.000	-259.7	0.000
Q	40.85	0.000	-3.450	1.000
M	-401.0	0.9200	-411.4	0.000
Stab Nr. 45				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-96.35	1.000	-195.6	0.000
Q	150.6	0.000	57.05	1.000
M	-286.3	1.000	-401.0	0.000
Stab Nr. 46				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-98.02	1.000	-143.8	0.000
Q	68.45	0.000	16.89	1.000
M	-266.6	1.000	-290.2	0.000
Stab Nr. 47				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-11.81	1.000	-88.03	0.000
Q	162.1	0.000	59.74	1.000
M	-144.1	1.000	-266.6	0.000
Stab Nr. 48				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-14.84	1.000	-47.91	0.000
Q	62.92	0.000	9.324	1.000
M	-127.3	1.000	-147.2	0.000
Stab Nr. 49				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	46.09	1.000	-5.763	0.000
Q	152.9	0.000	49.71	1.000
M	-15.38	1.000	-127.3	0.000
Stab Nr. 50				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	41.43	1.000	20.39	0.000
Q	47.24	0.000	-5.793	1.000
M	-6.002	0.8900	-17.64	0.000
Stab Nr. 51				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	78.84	1.000	48.47	0.000
Q	128.0	0.000	26.64	1.000
M	79.21	1.000	-6.177	0.000
Stab Nr. 52				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	72.96	1.000	62.32	0.000
Q	20.77	0.000	-30.62	1.000
M	80.14	0.4000	75.10	1.000
Stab Nr. 53				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	89.57	1.000	77.74	0.000
Q	97.00	0.000	-4.424	1.000
M	126.4	0.9600	75.10	0.000
Stab Nr. 54				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	83.17	1.000	81.69	0.000
Q	-11.78	0.000	-63.09	1.000
M	125.7	0.000	105.1	1.000
Stab Nr. 55				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	83.17	0.000	81.69	1.000
Q	63.09	0.000	11.78	1.000
M	125.7	1.000	105.1	0.000
Stab Nr. 56				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	89.57	0.000	77.74	1.000
Q	4.424	0.000	-97.00	1.000
M	126.4	0.04000	75.10	1.000
Stab Nr. 57				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	72.96	0.000	62.32	1.000
Q	30.62	0.000	-20.77	1.000
M	80.14	0.6000	75.10	0.000
Stab Nr. 58				

Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	78.84	0.000	48.47	1.000
Q	-26.64	0.000	-128.0	1.000
M	79.21	0.000	-6.177	1.000
Stab Nr.59				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	41.43	0.000	20.39	1.000
Q	5.793	0.000	-47.24	1.000
M	-6.002	0.1100	-17.64	1.000
Stab Nr.60				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	46.09	0.000	-5.763	1.000
Q	-49.71	0.000	-152.9	1.000
M	-15.38	0.000	-127.3	1.000
Stab Nr.61				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-14.84	0.000	-47.91	1.000
Q	-9.324	0.000	-62.92	1.000
M	-127.3	0.000	-147.2	1.000
Stab Nr.62				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-11.81	0.000	-88.03	1.000
Q	-59.74	0.000	-162.1	1.000
M	-144.1	0.000	-266.6	1.000
Stab Nr.63				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-98.02	0.000	-143.8	1.000
Q	-16.89	0.000	-68.45	1.000
M	-266.6	0.000	-290.2	1.000
Stab Nr.64				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-96.35	0.000	-195.6	1.000
Q	-57.05	0.000	-150.6	1.000
M	-286.3	0.000	-401.0	1.000
Stab Nr.65				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-203.7	0.000	-259.7	1.000
Q	3.450	0.000	-40.85	1.000
M	-401.0	0.08000	-411.4	1.000
Stab Nr.66				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-196.8	0.000	-307.3	1.000
Q	-19.78	0.000	-92.49	1.000
M	-406.5	0.000	-468.5	1.000
Stab Nr.67				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-303.8	0.000	-363.0	1.000
Q	304.5	0.000	272.5	1.000
M	-308.8	1.000	-468.5	0.000
Stab Nr.68				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-257.7	0.000	-382.1	1.000
Q	301.0	0.000	247.4	1.000
M	-3.986e-09	1.000	-302.8	0.000
Stab Nr.80				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-743.8	0.000	-743.8	0.000
Q	1.050e-07	0.000	1.050e-07	0.000
M	2.790e-09	1.000	-1.395e-09	0.000
Stab Nr.81				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-370.2	0.000	-370.2	0.000
Q	-3.481e-09	0.000	-3.481e-09	0.000
M	-3.209e-09	0.000	-8.484e-09	1.000
Stab Nr.82				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-136.8	0.000	-136.8	0.000
Q	-1.940e-07	0.000	-1.940e-07	0.000
M	6.303e-09	0.000	-1.261e-08	1.000
Stab Nr.83				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-137.0	0.000	-137.0	0.000
Q	-7.065e-08	0.000	-7.065e-08	0.000
M	5.744e-09	0.000	-1.149e-08	1.000
Stab Nr.84				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-142.5	0.000	-142.5	0.000
Q	1.780e-07	0.000	1.780e-07	0.000
M	1.337e-08	1.000	-1.041e-08	0.000
Stab Nr.85				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-137.6	0.000	-137.6	0.000
Q	-3.542e-08	0.000	-3.542e-08	0.000
M	8.746e-09	0.000	1.135e-09	1.000
Stab Nr.86				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-134.1	0.000	-134.1	0.000
Q	-3.834e-08	0.000	-3.834e-08	0.000
M	2.948e-09	0.000	1.555e-09	1.000
Stab Nr.87				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-130.9	0.000	-130.9	0.000
Q	-4.217e-13	0.000	-4.217e-13	0.000
M	-8.418e-15	0.000	-7.168e-14	1.000
Stab Nr.88				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-134.1	0.000	-134.1	0.000
Q	-1.237e-07	0.000	-1.237e-07	0.000
M	1.270e-08	0.000	-1.236e-08	1.000
Stab Nr.89				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-137.6	0.000	-137.6	0.000
Q	1.499e-09	0.000	1.499e-09	0.000
M	2.765e-09	0.000	5.821e-11	1.000
Stab Nr.90				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-142.5	0.000	-142.5	0.000
Q	-1.524e-07	0.000	-1.524e-07	0.000
M	1.457e-08	0.000	-1.423e-08	1.000
Stab Nr.91				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-137.0	0.000	-137.0	0.000
Q	7.677e-08	0.000	7.677e-08	0.000
M	1.435e-08	1.000	-1.090e-08	0.000
Stab Nr.92				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-136.8	0.000	-136.8	0.000
Q	1.086e-08	0.000	1.086e-08	0.000
M	7.291e-09	1.000	3.805e-09	0.000
Stab Nr.93				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-370.2	0.000	-370.2	0.000
Q	3.351e-08	0.000	3.351e-08	0.000
M	-3.281e-09	1.000	-5.810e-09	0.000
Stab Nr.94				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-743.8	0.000	-743.8	0.000
Q	-9.374e-09	0.000	-9.374e-09	0.000
M	1.104e-08	1.000	1.932e-09	0.000
Stab Nr.101				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	2.126	0.000	2.126	0.000
Q	-79.89	0.000	-79.89	0.000
M	6.011	0.000	-6.000e-10	1.000
Stab Nr.102				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	2.283	0.000	2.283	0.000
Q	-65.50	0.000	-65.50	0.000
M	4.923	0.000	-9.570e-10	1.000
Stab Nr.103				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	1.485	0.000	1.485	0.000
Q	-52.96	0.000	-52.96	0.000
M	4.009	0.000	4.594e-08	1.000
Stab Nr.104				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	1.376	0.000	1.376	0.000
Q	-41.40	0.000	-41.40	0.000
M	3.105	0.000	2.933e-08	1.000
Stab Nr.105				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	0.9837	0.000	0.9837	0.000
Q	-29.92	0.000	-29.92	0.000
M	2.248	0.000	-8.435e-08	1.000
Stab Nr.106				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	0.3998	0.000	0.3998	0.000
Q	-18.55	0.000	-18.55	0.000
M	1.392	0.000	-3.180e-08	1.000
Stab Nr.107				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	0.1434	0.000	0.1434	0.000
Q	-7.168	0.000	-7.168	0.000
M	0.5335	0.000	-9.512e-09	1.000
Stab Nr.108				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	0.1434	0.000	0.1434	0.000
Q	7.168	0.000	7.168	0.000
M	7.636e-09	1.000	-0.5335	0.000
Stab Nr.109				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	0.3998	0.000	0.3998	0.000
Q	18.55	0.000	18.55	0.000
M	-1.417e-08	1.000	-1.392	0.000
Stab Nr.110				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	0.9837	0.000	0.9837	0.000
Q	29.92	0.000	29.92	0.000
M	-7.054e-08	1.000	-2.248	0.000
Stab Nr.111				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	1.376	0.000	1.376	0.000
Q	41.40	0.000	41.40	0.000
M	5.929e-08	1.000	-3.105	0.000
Stab Nr.112				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	1.485	0.000	1.485	0.000
Q	52.96	0.000	52.96	0.000
M	7.253e-08	1.000	-4.009	0.000
Stab Nr.113				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	2.283	0.000	2.283	0.000
Q	65.50	0.000	65.50	0.000
M	1.057e-08	1.000	-4.923	0.000
Stab Nr.114				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	2.126	0.000	2.126	0.000
Q	79.89	0.000	79.89	0.000
M	-4.963e-09	1.000	-6.011	0.000
Stab Nr.121				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-1.205	0.000	-1.205	0.000
Q	-79.91	0.000	-79.91	0.000
M	6.040	0.000	4.439e-08	1.000
Stab Nr.122				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-2.079	0.000	-2.079	0.000
Q	-65.50	0.000	-65.50	0.000
M	4.913	0.000	2.431e-09	1.000
Stab Nr.123				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-1.513	0.000	-1.513	0.000
Q	-52.96	0.000	-52.96	0.000
M	3.934	0.000	-9.739e-08	1.000
Stab Nr.124				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-1.381	0.000	-1.381	0.000
Q	-41.40	0.000	-41.40	0.000
M	3.112	0.000	5.806e-08	1.000
Stab Nr.125				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-0.7966	0.000	-0.7966	0.000
Q	-29.93	0.000	-29.93	0.000
M	2.252	0.000	-4.199e-08	1.000
Stab Nr.126				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-0.6207	0.000	-0.6207	0.000

Q	-18.55	0.000	-18.55	0.000
M	1.390	0.000	1.320e-08	1.000

Stab Nr.127

Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-0.2466	0.000	-0.2466	0.000
Q	-7.165	0.000	-7.165	0.000
M	0.5381	0.000	-3.764e-10	1.000

Stab Nr.128

Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-0.2466	0.000	-0.2466	0.000
Q	7.165	0.000	7.165	0.000
M	-1.532e-08	1.000	-0.5381	0.000

Stab Nr.129

Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-0.6207	0.000	-0.6207	0.000
Q	18.55	0.000	18.55	0.000
M	3.167e-08	1.000	-1.390	0.000

Stab Nr.130

Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-0.7966	0.000	-0.7966	0.000
Q	29.93	0.000	29.93	0.000
M	1.167e-07	1.000	-2.252	0.000

Stab Nr.131

Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-1.381	0.000	-1.381	0.000
Q	41.40	0.000	41.40	0.000
M	6.389e-08	1.000	-3.112	0.000

Stab Nr.132

Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-1.513	0.000	-1.513	0.000
Q	52.96	0.000	52.96	0.000
M	-4.578e-08	1.000	-3.934	0.000

Stab Nr.133

Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-2.079	0.000	-2.079	0.000
Q	65.50	0.000	65.50	0.000
M	1.064e-07	1.000	-4.913	0.000

Stab Nr.134

Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-1.205	0.000	-1.205	0.000
Q	79.91	0.000	79.91	0.000
M	-8.297e-09	1.000	-6.040	0.000

Stab Nr.141

Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-79.92	0.000	-79.92	0.000
Q	2.242e-12	0.000	2.242e-12	0.000
M	3.900e-13	1.000	-3.087e-13	0.000

Stab Nr.142

Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-65.54	0.000	-65.54	0.000
Q	4.549e-13	0.000	4.549e-13	0.000
M	5.818e-13	1.000	-4.046e-13	0.000

Stab Nr.143

Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-52.98	0.000	-52.98	0.000
Q	4.317e-12	0.000	4.317e-12	0.000
M	6.489e-13	1.000	-7.792e-13	0.000

Stab Nr.144

Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-41.43	0.000	-41.43	0.000
Q	3.954e-12	0.000	3.954e-12	0.000
M	1.218e-12	1.000	-6.943e-13	0.000

Stab Nr.145

Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-29.94	0.000	-29.94	0.000
Q	-7.491e-12	0.000	-7.491e-12	0.000
M	3.197e-12	0.000	-2.471e-12	1.000

Stab Nr.146

Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-18.56	0.000	-18.56	0.000
Q	-3.345e-12	0.000	-3.345e-12	0.000
M	1.612e-12	0.000	-9.507e-13	1.000

Stab Nr.147

Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min
N	-7.169	0.000	-7.169	0.000
Q	8.263e-12	0.000	8.263e-12	0.000

M	2.371e-12	1.000	-1.924e-12	0.000
Stab Nr.148				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-7.169	0.000	-7.169	0.000
Q	7.632e-12	0.000	7.632e-12	0.000
M	2.196e-12	1.000	-1.553e-12	0.000
Stab Nr.149				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-18.56	0.000	-18.56	0.000
Q	2.787e-12	0.000	2.787e-12	0.000
M	9.086e-13	1.000	2.847e-13	0.000
Stab Nr.150				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-29.94	0.000	-29.94	0.000
Q	3.676e-12	0.000	3.676e-12	0.000
M	9.386e-13	1.000	-5.546e-13	0.000
Stab Nr.151				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-41.43	0.000	-41.43	0.000
Q	-2.409e-12	0.000	-2.409e-12	0.000
M	1.783e-13	0.000	-7.239e-14	1.000
Stab Nr.152				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-52.98	0.000	-52.98	0.000
Q	-1.089e-12	0.000	-1.089e-12	0.000
M	7.535e-13	0.000	-1.428e-13	1.000
Stab Nr.153				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-65.54	0.000	-65.54	0.000
Q	-1.454e-12	0.000	-1.454e-12	0.000
M	-3.608e-15	1.000	-5.504e-14	0.000
Stab Nr.154				
Kraft	Maximum	Xi-Max	Minimum	Xi-Min

N	-79.92	0.000	-79.92	0.000
Q	3.135e-13	0.000	3.135e-13	0.000
M	5.389e-13	1.000	-1.558e-13	0.000

Schnittkräfte des Stabes				1 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-1068.	111.1	-185.5		
0.2000	-1068.	111.1	-173.5		
0.4000	-1068.	111.1	-161.4		
0.6000	-1068.	111.1	-149.3		
0.8000	-1068.	111.1	-137.2		
1.000	-1068.	111.1	-125.2		
Schnittkräfte des Stabes				2 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-974.9	200.7	-131.2		
0.2000	-974.9	200.7	-87.53		
0.4000	-974.9	200.7	-43.88		
0.6000	-974.9	200.7	-0.2293		
0.8000	-974.9	200.7	43.42		
1.000	-974.9	200.7	87.07		
Schnittkräfte des Stabes				3 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-964.5	-85.91	87.07		
0.2000	-964.5	-85.91	77.73		
0.4000	-964.5	-85.91	68.39		
0.6000	-964.5	-85.91	59.05		
0.8000	-964.5	-85.91	49.70		
1.000	-964.5	-85.91	40.36		
Schnittkräfte des Stabes				4 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-902.8	-2.608	35.44		
0.2000	-902.8	-2.608	34.87		
0.4000	-902.8	-2.608	34.30		
0.6000	-902.8	-2.608	33.74		
0.8000	-902.8	-2.608	33.17		
1.000	-902.8	-2.608	32.60		
Schnittkräfte des Stabes				5 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-903.4	-59.68	32.60		
0.2000	-903.4	-59.68	26.11		
0.4000	-903.4	-59.68	19.62		
0.6000	-903.4	-59.68	13.12		
0.8000	-903.4	-59.68	6.632		
1.000	-903.4	-59.68	0.1389		
Schnittkräfte des Stabes				6 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-852.2	16.46	-3.870		
0.2000	-852.2	16.46	-0.2876		
0.4000	-852.2	16.46	3.294		
0.6000	-852.2	16.46	6.877		
0.8000	-852.2	16.46	10.46		
1.000	-852.2	16.46	14.04		
Schnittkräfte des Stabes				7 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-851.7	-45.10	14.04		
0.2000	-851.7	-45.10	9.134		
0.4000	-851.7	-45.10	4.227		
0.6000	-851.7	-45.10	-0.6796		
0.8000	-851.7	-45.10	-5.586		
1.000	-851.7	-45.10	-10.49		
Schnittkräfte des Stabes				8 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-811.0	27.48	-13.60		
0.2000	-811.0	27.48	-7.627		
0.4000	-811.0	27.48	-1.655		
0.6000	-811.0	27.48	4.317		
0.8000	-811.0	27.48	10.29		
1.000	-811.0	27.48	16.26		
Schnittkräfte des Stabes				9 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-809.7	-44.19	16.26		
0.2000	-809.7	-44.19	11.45		
0.4000	-809.7	-44.19	6.643		
0.6000	-809.7	-44.19	1.834		
0.8000	-809.7	-44.19	-2.975		
1.000	-809.7	-44.19	-7.784		
Schnittkräfte des Stabes				10 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-780.6	24.97	-10.03		
0.2000	-780.6	24.97	-4.603		
0.4000	-780.6	24.97	0.8253		
0.6000	-780.6	24.97	6.254		
0.8000	-780.6	24.97	11.68		
1.000	-780.6	24.97	17.11		
Schnittkräfte des Stabes				11 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-779.1	-44.30	17.11		
0.2000	-779.1	-44.30	12.30		
0.4000	-779.1	-44.30	7.479		
0.6000	-779.1	-44.30	2.663		
0.8000	-779.1	-44.30	-2.153		
1.000	-779.1	-44.30	-6.969		
Schnittkräfte des Stabes				12 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-761.5	23.08	-8.361		
0.2000	-761.5	23.08	-3.342		
0.4000	-761.5	23.08	1.677		
0.6000	-761.5	23.08	6.696		
0.8000	-761.5	23.08	11.72		

1.000	-761.5	23.08	16.73		
----- Schnittkräfte des Stabes				13 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-760.3	-44.84	16.73		
0.2000	-760.3	-44.84	11.86		
0.4000	-760.3	-44.84	6.982		
0.6000	-760.3	-44.84	2.106		
0.8000	-760.3	-44.84	-2.770		
1.000	-760.3	-44.84	-7.647		
----- Schnittkräfte des Stabes				14 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-754.2	21.83	-8.180		
0.2000	-754.2	21.83	-3.430		
0.4000	-754.2	21.83	1.320		
0.6000	-754.2	21.83	6.070		
0.8000	-754.2	21.83	10.82		
1.000	-754.2	21.83	15.57		
----- Schnittkräfte des Stabes				15 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-754.2	-21.83	15.57		
0.2000	-754.2	-21.83	10.82		
0.4000	-754.2	-21.83	6.070		
0.6000	-754.2	-21.83	1.320		
0.8000	-754.2	-21.83	-3.430		
1.000	-754.2	-21.83	-8.180		
----- Schnittkräfte des Stabes				16 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-760.3	44.84	-7.647		
0.2000	-760.3	44.84	-2.770		
0.4000	-760.3	44.84	2.106		
0.6000	-760.3	44.84	6.982		
0.8000	-760.3	44.84	11.86		
1.000	-760.3	44.84	16.73		
----- Schnittkräfte des Stabes				17 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-761.5	-23.08	16.73		
0.2000	-761.5	-23.08	11.72		
0.4000	-761.5	-23.08	6.696		
0.6000	-761.5	-23.08	1.677		
0.8000	-761.5	-23.08	-3.342		
1.000	-761.5	-23.08	-8.361		
----- Schnittkräfte des Stabes				18 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-779.1	44.30	-6.969		
0.2000	-779.1	44.30	-2.153		
0.4000	-779.1	44.30	2.663		
0.6000	-779.1	44.30	7.479		
0.8000	-779.1	44.30	12.30		
1.000	-779.1	44.30	17.11		
----- Schnittkräfte des Stabes				19 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-780.6	-24.97	17.11		
0.2000	-780.6	-24.97	11.68		
0.4000	-780.6	-24.97	6.254		
0.6000	-780.6	-24.97	0.8253		
0.8000	-780.6	-24.97	-4.603		
1.000	-780.6	-24.97	-10.03		
----- Schnittkräfte des Stabes				20 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-809.7	44.19	-7.784		
0.2000	-809.7	44.19	-2.975		
0.4000	-809.7	44.19	1.834		
0.6000	-809.7	44.19	6.643		
0.8000	-809.7	44.19	11.45		
1.000	-809.7	44.19	16.26		
----- Schnittkräfte des Stabes				21 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-811.0	-27.48	16.26		
0.2000	-811.0	-27.48	10.29		
0.4000	-811.0	-27.48	4.317		
0.6000	-811.0	-27.48	-1.655		
0.8000	-811.0	-27.48	-7.627		
1.000	-811.0	-27.48	-13.60		
----- Schnittkräfte des Stabes				22 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-851.7	45.10	-10.49		
0.2000	-851.7	45.10	-5.586		
0.4000	-851.7	45.10	-0.6796		
0.6000	-851.7	45.10	4.227		
0.8000	-851.7	45.10	9.134		
1.000	-851.7	45.10	14.04		
----- Schnittkräfte des Stabes				23 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-852.2	-16.46	14.04		
0.2000	-852.2	-16.46	10.46		
0.4000	-852.2	-16.46	6.877		
0.6000	-852.2	-16.46	3.294		
0.8000	-852.2	-16.46	-0.2876		
1.000	-852.2	-16.46	-3.870		
----- Schnittkräfte des Stabes				24 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-903.4	59.68	0.1389		
0.2000	-903.4	59.68	6.632		
0.4000	-903.4	59.68	13.12		

0.6000	-903.4	59.68	19.62
0.8000	-903.4	59.68	26.11
1.000	-903.4	59.68	32.60

----- Schnittkräfte des Stabes				25 in 1/5	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-902.8	2.608	32.60			
0.2000	-902.8	2.608	33.17			
0.4000	-902.8	2.608	33.74			
0.6000	-902.8	2.608	34.30			
0.8000	-902.8	2.608	34.87			
1.000	-902.8	2.608	35.44			

----- Schnittkräfte des Stabes				26 in 1/5	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-964.5	85.91	40.36			
0.2000	-964.5	85.91	49.70			
0.4000	-964.5	85.91	59.05			
0.6000	-964.5	85.91	68.39			
0.8000	-964.5	85.91	77.73			
1.000	-964.5	85.91	87.07			

----- Schnittkräfte des Stabes				27 in 1/5	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-974.9	-200.7	87.07			
0.2000	-974.9	-200.7	43.42			
0.4000	-974.9	-200.7	-0.2293			
0.6000	-974.9	-200.7	-43.88			
0.8000	-974.9	-200.7	-87.53			
1.000	-974.9	-200.7	-131.2			

----- Schnittkräfte des Stabes				28 in 1/5	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-1068.	-111.1	-125.2			
0.2000	-1068.	-111.1	-137.2			
0.4000	-1068.	-111.1	-149.3			
0.6000	-1068.	-111.1	-161.4			
0.8000	-1068.	-111.1	-173.5			
1.000	-1068.	-111.1	-185.5			

----- Schnittkräfte des Stabes				41 in 1/5	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-382.1	-247.4	8.872e-11			
0.2000	-357.2	-258.1	-55.82			
0.4000	-332.3	-268.9	-114.0			
0.6000	-307.4	-279.6	-174.6			
0.8000	-282.6	-290.3	-237.5			
1.000	-257.7	-301.0	-302.8			

----- Schnittkräfte des Stabes				42 in 1/5	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-363.0	-272.5	-308.8			
0.2000	-351.2	-278.9	-339.3			
0.4000	-339.3	-285.3	-370.6			
0.6000	-327.5	-291.7	-402.5			
0.8000	-315.6	-298.1	-435.1			
1.000	-303.8	-304.5	-468.5			

----- Schnittkräfte des Stabes				43 in 1/5	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-307.3	92.49	-468.5			
0.2000	-285.2	77.95	-449.6			
0.4000	-263.1	63.41	-434.0			
0.6000	-241.0	48.87	-421.6			
0.8000	-218.9	34.33	-412.4			
1.000	-196.8	19.78	-406.5			

----- Schnittkräfte des Stabes				44 in 1/5	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-259.7	40.85	-411.4			
0.2000	-248.5	31.99	-407.3			
0.4000	-237.3	23.13	-404.3			
0.6000	-226.1	14.27	-402.2			
0.8000	-214.9	5.410	-401.1			
1.000	-203.7	-3.450	-401.0			

----- Schnittkräfte des Stabes				45 in 1/5	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-195.6	150.6	-401.0			
0.2000	-175.8	131.9	-369.8			
0.4000	-155.9	113.2	-342.7			
0.6000	-136.1	94.49	-319.8			
0.8000	-116.2	75.77	-301.0			
1.000	-96.35	57.05	-286.3			

----- Schnittkräfte des Stabes				46 in 1/5	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-143.8	68.45	-290.2			
0.2000	-134.7	58.14	-283.2			
0.4000	-125.5	47.83	-277.4			
0.6000	-116.3	37.52	-272.7			
0.8000	-107.2	27.21	-269.1			
1.000	-98.02	16.89	-266.6			

----- Schnittkräfte des Stabes				47 in 1/5	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-88.03	162.1	-266.6			
0.2000	-72.79	141.6	-233.1			
0.4000	-57.54	121.1	-204.1			
0.6000	-42.30	100.7	-179.6			
0.8000	-27.05	80.20	-159.6			
1.000	-11.81	59.74	-144.1			

----- Schnittkräfte des Stabes				48 in 1/5	Punkten	-----
Xi-Pos	N	Q	M			
0.000	-47.91	62.92	-147.2			

0.2000	-41.29	52.20	-140.9
0.4000	-34.68	41.48	-135.7
0.6000	-28.07	30.76	-131.7
0.8000	-21.45	20.04	-128.9
1.000	-14.84	9.324	-127.3

Schnittkräfte des Stabes				49 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-5.763	152.9	-127.3		
0.2000	4.608	132.3	-95.79		
0.4000	14.98	111.6	-68.85		
0.6000	25.35	90.98	-46.47		
0.8000	35.72	70.35	-28.65		
1.000	46.09	49.71	-15.38		

Schnittkräfte des Stabes				50 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	20.39	47.24	-17.64		
0.2000	24.60	36.63	-13.00		
0.4000	28.81	26.03	-9.534		
0.6000	33.02	15.42	-7.242		
0.8000	37.23	4.813	-6.123		
1.000	41.43	-5.793	-6.177		

Schnittkräfte des Stabes				51 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	48.47	128.0	-6.177		
0.2000	54.54	107.7	19.86		
0.4000	60.62	87.45	41.41		
0.6000	66.69	67.18	58.49		
0.8000	72.76	46.91	71.09		
1.000	78.84	26.64	79.21		

Schnittkräfte des Stabes				52 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	62.32	20.77	77.82		
0.2000	64.45	10.49	79.55		
0.4000	66.58	0.2127	80.14		
0.6000	68.71	-10.06	79.60		
0.8000	70.84	-20.34	77.92		
1.000	72.96	-30.62	75.10		

Schnittkräfte des Stabes				53 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	77.74	97.00	75.10		
0.2000	80.11	76.72	94.30		
0.4000	82.47	56.43	109.0		
0.6000	84.84	36.15	119.3		
0.8000	87.20	15.86	125.0		
1.000	89.57	-4.424	126.3		

Schnittkräfte des Stabes				54 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	81.69	-11.78	125.7		
0.2000	81.98	-22.04	123.9		
0.4000	82.28	-32.30	120.9		
0.6000	82.58	-42.56	116.7		
0.8000	82.88	-52.83	111.5		
1.000	83.17	-63.09	105.1		

Schnittkräfte des Stabes				55 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	83.17	63.09	105.1		
0.2000	82.88	52.83	111.5		
0.4000	82.58	42.56	116.7		
0.6000	82.28	32.30	120.9		
0.8000	81.98	22.04	123.9		
1.000	81.69	11.78	125.7		

Schnittkräfte des Stabes				56 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	89.57	4.424	126.3		
0.2000	87.20	-15.86	125.0		
0.4000	84.84	-36.15	119.3		
0.6000	82.47	-56.43	109.0		
0.8000	80.11	-76.72	94.30		
1.000	77.74	-97.00	75.10		

Schnittkräfte des Stabes				57 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	72.96	30.62	75.10		
0.2000	70.84	20.34	77.92		
0.4000	68.71	10.06	79.60		
0.6000	66.58	-0.2127	80.14		
0.8000	64.45	-10.49	79.55		
1.000	62.32	-20.77	77.82		

Schnittkräfte des Stabes				58 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	78.84	-26.64	79.21		
0.2000	72.76	-46.91	71.09		
0.4000	66.69	-67.18	58.49		
0.6000	60.62	-87.45	41.41		
0.8000	54.54	-107.7	19.86		
1.000	48.47	-128.0	-6.177		

Schnittkräfte des Stabes				59 in 1/5	Punkten
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	41.43	5.793	-6.177		
0.2000	37.23	-4.813	-6.123		
0.4000	33.02	-15.42	-7.242		
0.6000	28.81	-26.03	-9.534		
0.8000	24.60	-36.63	-13.00		
1.000	20.39	-47.24	-17.64		

Schnittkräfte des Stabes				60 in 1/5	Punkten
--------------------------	--	--	--	-----------	---------

Xi-Pos	N	Q	M
0.000	46.09	-49.71	-15.38
0.2000	35.72	-70.35	-28.65
0.4000	25.35	-90.98	-46.47
0.6000	14.98	-111.6	-68.85
0.8000	4.608	-132.3	-95.79
1.000	-5.763	-152.9	-127.3

----- Schnittkräfte des Stabes				61 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-14.84	-9.324	-127.3		
0.2000	-21.45	-20.04	-128.9		
0.4000	-28.07	-30.76	-131.7		
0.6000	-34.68	-41.48	-135.7		
0.8000	-41.29	-52.20	-140.9		
1.000	-47.91	-62.92	-147.2		

----- Schnittkräfte des Stabes				62 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-11.81	-59.74	-144.1		
0.2000	-27.05	-80.20	-159.6		
0.4000	-42.30	-100.7	-179.6		
0.6000	-57.54	-121.1	-204.1		
0.8000	-72.79	-141.6	-233.1		
1.000	-88.03	-162.1	-266.6		

----- Schnittkräfte des Stabes				63 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-98.02	-16.89	-266.6		
0.2000	-107.2	-27.21	-269.1		
0.4000	-116.3	-37.52	-272.7		
0.6000	-125.5	-47.83	-277.4		
0.8000	-134.7	-58.14	-283.2		
1.000	-143.8	-68.45	-290.2		

----- Schnittkräfte des Stabes				64 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-96.35	-57.05	-286.3		
0.2000	-116.2	-75.77	-301.0		
0.4000	-136.1	-94.49	-319.8		
0.6000	-155.9	-113.2	-342.7		
0.8000	-175.8	-131.9	-369.8		
1.000	-195.6	-150.6	-401.0		

----- Schnittkräfte des Stabes				65 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-203.7	3.450	-401.0		
0.2000	-214.9	-5.410	-401.1		
0.4000	-226.1	-14.27	-402.2		
0.6000	-237.3	-23.13	-404.3		
0.8000	-248.5	-31.99	-407.3		
1.000	-259.7	-40.85	-411.4		

----- Schnittkräfte des Stabes				66 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-196.8	-19.78	-406.5		
0.2000	-218.9	-34.33	-412.4		
0.4000	-241.0	-48.87	-421.6		
0.6000	-263.1	-63.41	-434.0		
0.8000	-285.2	-77.95	-449.6		
1.000	-307.3	-92.49	-468.5		

----- Schnittkräfte des Stabes				67 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-303.8	304.5	-468.5		
0.2000	-315.6	298.1	-435.1		
0.4000	-327.5	291.7	-402.5		
0.6000	-339.3	285.3	-370.6		
0.8000	-351.2	278.9	-339.3		
1.000	-363.0	272.5	-308.8		

----- Schnittkräfte des Stabes				68 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-257.7	301.0	-302.8		
0.2000	-282.6	290.3	-237.5		
0.4000	-307.4	279.6	-174.6		
0.6000	-332.3	268.9	-114.0		
0.8000	-357.2	258.1	-55.82		
1.000	-382.1	247.4	-3.986e-09		

----- Schnittkräfte des Stabes				80 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-743.8	1.050e-07	-1.395e-09		
0.2000	-743.8	1.050e-07	-5.581e-10		
0.4000	-743.8	1.050e-07	2.790e-10		
0.6000	-743.8	1.050e-07	1.116e-09		
0.8000	-743.8	1.050e-07	1.953e-09		
1.000	-743.8	1.050e-07	2.790e-09		

----- Schnittkräfte des Stabes				81 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-370.2	-3.481e-09	-3.209e-09		
0.2000	-370.2	-3.481e-09	-4.264e-09		
0.4000	-370.2	-3.481e-09	-5.319e-09		
0.6000	-370.2	-3.481e-09	-6.374e-09		
0.8000	-370.2	-3.481e-09	-7.429e-09		
1.000	-370.2	-3.481e-09	-8.484e-09		

----- Schnittkräfte des Stabes				82 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-136.8	-1.940e-07	6.303e-09		
0.2000	-136.8	-1.940e-07	2.521e-09		
0.4000	-136.8	-1.940e-07	-1.261e-09		
0.6000	-136.8	-1.940e-07	-5.042e-09		
0.8000	-136.8	-1.940e-07	-8.824e-09		
1.000	-136.8	-1.940e-07	-1.261e-08		

----- Schnittkräfte des Stabes				83 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-137.0	-7.065e-08	5.744e-09		
0.2000	-137.0	-7.065e-08	2.298e-09		
0.4000	-137.0	-7.065e-08	-1.149e-09		
0.6000	-137.0	-7.065e-08	-4.595e-09		
0.8000	-137.0	-7.065e-08	-8.042e-09		
1.000	-137.0	-7.065e-08	-1.149e-08		
----- Schnittkräfte des Stabes				84 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-142.5	1.780e-07	-1.041e-08		
0.2000	-142.5	1.780e-07	-5.654e-09		
0.4000	-142.5	1.780e-07	-8.982e-10		
0.6000	-142.5	1.780e-07	3.858e-09		
0.8000	-142.5	1.780e-07	8.614e-09		
1.000	-142.5	1.780e-07	1.337e-08		
----- Schnittkräfte des Stabes				85 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-137.6	-3.542e-08	8.746e-09		
0.2000	-137.6	-3.542e-08	7.224e-09		
0.4000	-137.6	-3.542e-08	5.701e-09		
0.6000	-137.6	-3.542e-08	4.179e-09		
0.8000	-137.6	-3.542e-08	2.657e-09		
1.000	-137.6	-3.542e-08	1.135e-09		
----- Schnittkräfte des Stabes				86 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-134.1	-3.834e-08	2.948e-09		
0.2000	-134.1	-3.834e-08	2.669e-09		
0.4000	-134.1	-3.834e-08	2.391e-09		
0.6000	-134.1	-3.834e-08	2.112e-09		
0.8000	-134.1	-3.834e-08	1.834e-09		
1.000	-134.1	-3.834e-08	1.555e-09		
----- Schnittkräfte des Stabes				87 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-130.9	-4.217e-13	-8.418e-15		
0.2000	-130.9	-4.217e-13	-2.107e-14		
0.4000	-130.9	-4.217e-13	-3.372e-14		
0.6000	-130.9	-4.217e-13	-4.637e-14		
0.8000	-130.9	-4.217e-13	-5.903e-14		
1.000	-130.9	-4.217e-13	-7.168e-14		
----- Schnittkräfte des Stabes				88 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-134.1	-1.237e-07	1.270e-08		
0.2000	-134.1	-1.237e-07	7.687e-09		
0.4000	-134.1	-1.237e-07	2.676e-09		
0.6000	-134.1	-1.237e-07	-2.336e-09		
0.8000	-134.1	-1.237e-07	-7.348e-09		
1.000	-134.1	-1.237e-07	-1.236e-08		
----- Schnittkräfte des Stabes				89 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-137.6	1.499e-09	2.765e-09		
0.2000	-137.6	1.499e-09	2.224e-09		
0.4000	-137.6	1.499e-09	1.682e-09		
0.6000	-137.6	1.499e-09	1.141e-09		
0.8000	-137.6	1.499e-09	5.995e-10		
1.000	-137.6	1.499e-09	5.821e-11		
----- Schnittkräfte des Stabes				90 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-142.5	-1.524e-07	1.457e-08		
0.2000	-142.5	-1.524e-07	8.807e-09		
0.4000	-142.5	-1.524e-07	3.047e-09		
0.6000	-142.5	-1.524e-07	-2.713e-09		
0.8000	-142.5	-1.524e-07	-8.473e-09		
1.000	-142.5	-1.524e-07	-1.423e-08		
----- Schnittkräfte des Stabes				91 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-137.0	7.677e-08	-1.090e-08		
0.2000	-137.0	7.677e-08	-5.851e-09		
0.4000	-137.0	7.677e-08	-8.000e-10		
0.6000	-137.0	7.677e-08	4.251e-09		
0.8000	-137.0	7.677e-08	9.301e-09		
1.000	-137.0	7.677e-08	1.435e-08		
----- Schnittkräfte des Stabes				92 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-136.8	1.086e-08	3.805e-09		
0.2000	-136.8	1.086e-08	4.502e-09		
0.4000	-136.8	1.086e-08	5.199e-09		
0.6000	-136.8	1.086e-08	5.896e-09		
0.8000	-136.8	1.086e-08	6.593e-09		
1.000	-136.8	1.086e-08	7.291e-09		
----- Schnittkräfte des Stabes				93 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-370.2	3.351e-08	-5.810e-09		
0.2000	-370.2	3.351e-08	-5.304e-09		
0.4000	-370.2	3.351e-08	-4.798e-09		
0.6000	-370.2	3.351e-08	-4.293e-09		
0.8000	-370.2	3.351e-08	-3.787e-09		
1.000	-370.2	3.351e-08	-3.281e-09		
----- Schnittkräfte des Stabes				94 in 1/5	Punkten -----
Xi-Pos	N	Q	M		
0.000	-743.8	-9.374e-09	1.932e-09		
0.2000	-743.8	-9.374e-09	3.753e-09		
0.4000	-743.8	-9.374e-09	5.574e-09		
0.6000	-743.8	-9.374e-09	7.395e-09		

```

0.8000      -743.8 -9.374e-09  9.216e-09
1.000      -743.8 -9.374e-09  1.104e-08

```

```

----- Schnittkräfte des Stabes 101 in 1/5 Punkten -----
Xi-Pos      N      Q      M
0.000      2.126    -79.89    6.011
0.2000     2.126    -79.89    4.809
0.4000     2.126    -79.89    3.607
0.6000     2.126    -79.89    2.404
0.8000     2.126    -79.89    1.202
1.000      2.126    -79.89   -6.000e-10

```

```

----- Schnittkräfte des Stabes 102 in 1/5 Punkten -----
Xi-Pos      N      Q      M
0.000      2.283   -65.50    4.923
0.2000     2.283   -65.50    3.938
0.4000     2.283   -65.50    2.954
0.6000     2.283   -65.50    1.969
0.8000     2.283   -65.50    0.9846
1.000      2.283   -65.50   -9.570e-10

```

```

----- Schnittkräfte des Stabes 103 in 1/5 Punkten -----
Xi-Pos      N      Q      M
0.000      1.485   -52.96    4.009
0.2000     1.485   -52.96    3.207
0.4000     1.485   -52.96    2.405
0.6000     1.485   -52.96    1.603
0.8000     1.485   -52.96    0.8017
1.000      1.485   -52.96   4.594e-08

```

```

----- Schnittkräfte des Stabes 104 in 1/5 Punkten -----
Xi-Pos      N      Q      M
0.000      1.376   -41.40    3.105
0.2000     1.376   -41.40    2.484
0.4000     1.376   -41.40    1.863
0.6000     1.376   -41.40    1.242
0.8000     1.376   -41.40    0.6210
1.000      1.376   -41.40   2.933e-08

```

```

----- Schnittkräfte des Stabes 105 in 1/5 Punkten -----
Xi-Pos      N      Q      M
0.000      0.9837   -29.92    2.248
0.2000     0.9837   -29.92    1.798
0.4000     0.9837   -29.92    1.349
0.6000     0.9837   -29.92    0.8992
0.8000     0.9837   -29.92    0.4496
1.000      0.9837   -29.92   -8.435e-08

```

```

----- Schnittkräfte des Stabes 106 in 1/5 Punkten -----
Xi-Pos      N      Q      M
0.000      0.3998   -18.55    1.392
0.2000     0.3998   -18.55    1.113
0.4000     0.3998   -18.55    0.8350
0.6000     0.3998   -18.55    0.5566
0.8000     0.3998   -18.55    0.2783
1.000      0.3998   -18.55   -3.180e-08

```

```

----- Schnittkräfte des Stabes 107 in 1/5 Punkten -----
Xi-Pos      N      Q      M
0.000      0.1434   -7.168    0.5335
0.2000     0.1434   -7.168    0.4268
0.4000     0.1434   -7.168    0.3201
0.6000     0.1434   -7.168    0.2134
0.8000     0.1434   -7.168    0.1067
1.000      0.1434   -7.168   -9.512e-09

```

```

----- Schnittkräfte des Stabes 108 in 1/5 Punkten -----
Xi-Pos      N      Q      M
0.000      0.1434    7.168   -0.5335
0.2000     0.1434    7.168   -0.4268
0.4000     0.1434    7.168   -0.3201
0.6000     0.1434    7.168   -0.2134
0.8000     0.1434    7.168   -0.1067
1.000      0.1434    7.168   7.636e-09

```

```

----- Schnittkräfte des Stabes 109 in 1/5 Punkten -----
Xi-Pos      N      Q      M
0.000      0.3998    18.55   -1.392
0.2000     0.3998    18.55   -1.113
0.4000     0.3998    18.55   -0.8350
0.6000     0.3998    18.55   -0.5566
0.8000     0.3998    18.55   -0.2783
1.000      0.3998    18.55  -1.417e-08

```

```

----- Schnittkräfte des Stabes 110 in 1/5 Punkten -----
Xi-Pos      N      Q      M
0.000      0.9837    29.92   -2.248
0.2000     0.9837    29.92   -1.798
0.4000     0.9837    29.92   -1.349
0.6000     0.9837    29.92   -0.8992
0.8000     0.9837    29.92   -0.4496
1.000      0.9837    29.92  -7.054e-08

```

```

----- Schnittkräfte des Stabes 111 in 1/5 Punkten -----
Xi-Pos      N      Q      M
0.000      1.376    41.40   -3.105
0.2000     1.376    41.40   -2.484
0.4000     1.376    41.40   -1.863
0.6000     1.376    41.40   -1.242
0.8000     1.376    41.40   -0.6210
1.000      1.376    41.40   5.929e-08

```

```

----- Schnittkräfte des Stabes 112 in 1/5 Punkten -----
Xi-Pos      N      Q      M
0.000      1.485    52.96   -4.009
0.2000     1.485    52.96   -3.207

```

0.4000	1.485	52.96	-2.405
0.6000	1.485	52.96	-1.603
0.8000	1.485	52.96	-0.8017
1.000	1.485	52.96	7.253e-08

Schnittkräfte des Stabes 113 in 1/5				Punkten
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	2.283	65.50	-4.923	
0.2000	2.283	65.50	-3.938	
0.4000	2.283	65.50	-2.954	
0.6000	2.283	65.50	-1.969	
0.8000	2.283	65.50	-0.9846	
1.000	2.283	65.50	1.057e-08	

Schnittkräfte des Stabes 114 in 1/5				Punkten
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	2.126	79.89	-6.011	
0.2000	2.126	79.89	-4.809	
0.4000	2.126	79.89	-3.607	
0.6000	2.126	79.89	-2.404	
0.8000	2.126	79.89	-1.202	
1.000	2.126	79.89	-4.963e-09	

Schnittkräfte des Stabes 121 in 1/5				Punkten
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-1.205	-79.91	6.040	
0.2000	-1.205	-79.91	4.832	
0.4000	-1.205	-79.91	3.624	
0.6000	-1.205	-79.91	2.416	
0.8000	-1.205	-79.91	1.208	
1.000	-1.205	-79.91	4.439e-08	

Schnittkräfte des Stabes 122 in 1/5				Punkten
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-2.079	-65.50	4.913	
0.2000	-2.079	-65.50	3.930	
0.4000	-2.079	-65.50	2.948	
0.6000	-2.079	-65.50	1.965	
0.8000	-2.079	-65.50	0.9825	
1.000	-2.079	-65.50	2.431e-09	

Schnittkräfte des Stabes 123 in 1/5				Punkten
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-1.513	-52.96	3.934	
0.2000	-1.513	-52.96	3.147	
0.4000	-1.513	-52.96	2.360	
0.6000	-1.513	-52.96	1.573	
0.8000	-1.513	-52.96	0.7867	
1.000	-1.513	-52.96	-9.739e-08	

Schnittkräfte des Stabes 124 in 1/5				Punkten
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-1.381	-41.40	3.112	
0.2000	-1.381	-41.40	2.490	
0.4000	-1.381	-41.40	1.867	
0.6000	-1.381	-41.40	1.245	
0.8000	-1.381	-41.40	0.6224	
1.000	-1.381	-41.40	5.806e-08	

Schnittkräfte des Stabes 125 in 1/5				Punkten
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-0.7966	-29.93	2.252	
0.2000	-0.7966	-29.93	1.801	
0.4000	-0.7966	-29.93	1.351	
0.6000	-0.7966	-29.93	0.9007	
0.8000	-0.7966	-29.93	0.4503	
1.000	-0.7966	-29.93	-4.199e-08	

Schnittkräfte des Stabes 126 in 1/5				Punkten
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-0.6207	-18.55	1.390	
0.2000	-0.6207	-18.55	1.112	
0.4000	-0.6207	-18.55	0.8342	
0.6000	-0.6207	-18.55	0.5561	
0.8000	-0.6207	-18.55	0.2781	
1.000	-0.6207	-18.55	1.320e-08	

Schnittkräfte des Stabes 127 in 1/5				Punkten
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-0.2466	-7.165	0.5381	
0.2000	-0.2466	-7.165	0.4305	
0.4000	-0.2466	-7.165	0.3229	
0.6000	-0.2466	-7.165	0.2153	
0.8000	-0.2466	-7.165	0.1076	
1.000	-0.2466	-7.165	-3.764e-10	

Schnittkräfte des Stabes 128 in 1/5				Punkten
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-0.2466	7.165	-0.5381	
0.2000	-0.2466	7.165	-0.4305	
0.4000	-0.2466	7.165	-0.3229	
0.6000	-0.2466	7.165	-0.2153	
0.8000	-0.2466	7.165	-0.1076	
1.000	-0.2466	7.165	-1.532e-08	

Schnittkräfte des Stabes 129 in 1/5				Punkten
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-0.6207	18.55	-1.390	
0.2000	-0.6207	18.55	-1.112	
0.4000	-0.6207	18.55	-0.8342	
0.6000	-0.6207	18.55	-0.5561	
0.8000	-0.6207	18.55	-0.2781	
1.000	-0.6207	18.55	3.167e-08	

Schnittkräfte des Stabes 130 in 1/5				Punkten
Xi-Pos	N	Q	M	

0.000	-0.7966	29.93	-2.252
0.2000	-0.7966	29.93	-1.801
0.4000	-0.7966	29.93	-1.351
0.6000	-0.7966	29.93	-0.9007
0.8000	-0.7966	29.93	-0.4503
1.000	-0.7966	29.93	1.167e-07

----- Schnittkräfte des Stabes 131 in 1/5 Punkten -----				
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-1.381	41.40	-3.112	
0.2000	-1.381	41.40	-2.490	
0.4000	-1.381	41.40	-1.867	
0.6000	-1.381	41.40	-1.245	
0.8000	-1.381	41.40	-0.6224	
1.000	-1.381	41.40	6.389e-08	

----- Schnittkräfte des Stabes 132 in 1/5 Punkten -----				
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-1.513	52.96	-3.934	
0.2000	-1.513	52.96	-3.147	
0.4000	-1.513	52.96	-2.360	
0.6000	-1.513	52.96	-1.573	
0.8000	-1.513	52.96	-0.7867	
1.000	-1.513	52.96	-4.578e-08	

----- Schnittkräfte des Stabes 133 in 1/5 Punkten -----				
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-2.079	65.50	-4.913	
0.2000	-2.079	65.50	-3.930	
0.4000	-2.079	65.50	-2.948	
0.6000	-2.079	65.50	-1.965	
0.8000	-2.079	65.50	-0.9825	
1.000	-2.079	65.50	1.064e-07	

----- Schnittkräfte des Stabes 134 in 1/5 Punkten -----				
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-1.205	79.91	-6.040	
0.2000	-1.205	79.91	-4.832	
0.4000	-1.205	79.91	-3.624	
0.6000	-1.205	79.91	-2.416	
0.8000	-1.205	79.91	-1.208	
1.000	-1.205	79.91	-8.297e-09	

----- Schnittkräfte des Stabes 141 in 1/5 Punkten -----				
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-79.92	2.242e-12	-3.087e-13	
0.2000	-79.92	2.242e-12	-1.690e-13	
0.4000	-79.92	2.242e-12	-2.921e-14	
0.6000	-79.92	2.242e-12	1.105e-13	
0.8000	-79.92	2.242e-12	2.503e-13	
1.000	-79.92	2.242e-12	3.900e-13	

----- Schnittkräfte des Stabes 142 in 1/5 Punkten -----				
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-65.54	4.549e-13	-4.046e-13	
0.2000	-65.54	4.549e-13	-2.073e-13	
0.4000	-65.54	4.549e-13	-1.004e-14	
0.6000	-65.54	4.549e-13	1.872e-13	
0.8000	-65.54	4.549e-13	3.845e-13	
1.000	-65.54	4.549e-13	5.818e-13	

----- Schnittkräfte des Stabes 143 in 1/5 Punkten -----				
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-52.98	4.317e-12	-7.792e-13	
0.2000	-52.98	4.317e-12	-4.936e-13	
0.4000	-52.98	4.317e-12	-2.080e-13	
0.6000	-52.98	4.317e-12	7.766e-14	
0.8000	-52.98	4.317e-12	3.633e-13	
1.000	-52.98	4.317e-12	6.489e-13	

----- Schnittkräfte des Stabes 144 in 1/5 Punkten -----				
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-41.43	3.954e-12	-6.943e-13	
0.2000	-41.43	3.954e-12	-3.118e-13	
0.4000	-41.43	3.954e-12	7.064e-14	
0.6000	-41.43	3.954e-12	4.531e-13	
0.8000	-41.43	3.954e-12	8.355e-13	
1.000	-41.43	3.954e-12	1.218e-12	

----- Schnittkräfte des Stabes 145 in 1/5 Punkten -----				
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-29.94	-7.491e-12	3.197e-12	
0.2000	-29.94	-7.491e-12	2.063e-12	
0.4000	-29.94	-7.491e-12	9.295e-13	
0.6000	-29.94	-7.491e-12	-2.040e-13	
0.8000	-29.94	-7.491e-12	-1.338e-12	
1.000	-29.94	-7.491e-12	-2.471e-12	

----- Schnittkräfte des Stabes 146 in 1/5 Punkten -----				
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-18.56	-3.345e-12	1.612e-12	
0.2000	-18.56	-3.345e-12	1.100e-12	
0.4000	-18.56	-3.345e-12	5.870e-13	
0.6000	-18.56	-3.345e-12	7.445e-14	
0.8000	-18.56	-3.345e-12	-4.381e-13	
1.000	-18.56	-3.345e-12	-9.507e-13	

----- Schnittkräfte des Stabes 147 in 1/5 Punkten -----				
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-7.169	8.263e-12	-1.924e-12	
0.2000	-7.169	8.263e-12	-1.065e-12	
0.4000	-7.169	8.263e-12	-2.063e-13	
0.6000	-7.169	8.263e-12	6.528e-13	
0.8000	-7.169	8.263e-12	1.512e-12	
1.000	-7.169	8.263e-12	2.371e-12	

----- Schnittkräfte des Stabes 148 in 1/5 Punkten -----				
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-7.169	7.632e-12	-1.553e-12	
0.2000	-7.169	7.632e-12	-8.030e-13	
0.4000	-7.169	7.632e-12	-5.322e-14	
0.6000	-7.169	7.632e-12	6.966e-13	
0.8000	-7.169	7.632e-12	1.446e-12	
1.000	-7.169	7.632e-12	2.196e-12	
----- Schnittkräfte des Stabes 149 in 1/5 Punkten -----				
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-18.56	2.787e-12	2.847e-13	
0.2000	-18.56	2.787e-12	4.095e-13	
0.4000	-18.56	2.787e-12	5.342e-13	
0.6000	-18.56	2.787e-12	6.590e-13	
0.8000	-18.56	2.787e-12	7.838e-13	
1.000	-18.56	2.787e-12	9.086e-13	
----- Schnittkräfte des Stabes 150 in 1/5 Punkten -----				
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-29.94	3.676e-12	-5.546e-13	
0.2000	-29.94	3.676e-12	-2.559e-13	
0.4000	-29.94	3.676e-12	4.270e-14	
0.6000	-29.94	3.676e-12	3.413e-13	
0.8000	-29.94	3.676e-12	6.400e-13	
1.000	-29.94	3.676e-12	9.386e-13	
----- Schnittkräfte des Stabes 151 in 1/5 Punkten -----				
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-41.43	-2.409e-12	1.783e-13	
0.2000	-41.43	-2.409e-12	1.282e-13	
0.4000	-41.43	-2.409e-12	7.803e-14	
0.6000	-41.43	-2.409e-12	2.789e-14	
0.8000	-41.43	-2.409e-12	-2.225e-14	
1.000	-41.43	-2.409e-12	-7.239e-14	
----- Schnittkräfte des Stabes 152 in 1/5 Punkten -----				
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-52.98	-1.089e-12	7.535e-13	
0.2000	-52.98	-1.089e-12	5.743e-13	
0.4000	-52.98	-1.089e-12	3.950e-13	
0.6000	-52.98	-1.089e-12	2.157e-13	
0.8000	-52.98	-1.089e-12	3.644e-14	
1.000	-52.98	-1.089e-12	-1.428e-13	
----- Schnittkräfte des Stabes 153 in 1/5 Punkten -----				
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-65.54	-1.454e-12	-5.504e-14	
0.2000	-65.54	-1.454e-12	-4.475e-14	
0.4000	-65.54	-1.454e-12	-3.447e-14	
0.6000	-65.54	-1.454e-12	-2.418e-14	
0.8000	-65.54	-1.454e-12	-1.389e-14	
1.000	-65.54	-1.454e-12	-3.608e-15	
----- Schnittkräfte des Stabes 154 in 1/5 Punkten -----				
Xi-Pos	N	Q	M	
0.000	-79.92	3.135e-13	-1.558e-13	
0.2000	-79.92	3.135e-13	-1.683e-14	
0.4000	-79.92	3.135e-13	1.221e-13	
0.6000	-79.92	3.135e-13	2.610e-13	
0.8000	-79.92	3.135e-13	4.000e-13	
1.000	-79.92	3.135e-13	5.389e-13	

----- Auflagerkräfte -----			
Knoten	x	z	Rotation
1	-407.5	-1287.	-185.5
29	407.5	-1287.	185.5
41	1078.	-4.996e-07	-2.702e-09
69	-1078.	-3.620e-07	-7.051e-09
----- Gelenkverschiebung -----			
Gelenk	linke Seite	rechte Seite	Gesamt
1	-0.000	-0.002056	0.002056
2	-0.002056	-4.502e-07	-0.002056
3	7.486e-05	-0.001660	0.001734
4	-0.001660	-3.355e-07	-0.001659
5	2.541e-05	-0.001368	0.001394
6	-0.001368	2.815e-08	-0.001368
7	1.544e-05	-0.001091	0.001107
8	-0.001091	4.866e-07	-0.001092
9	1.378e-05	-0.0008107	0.0008245
10	-0.0008107	9.283e-07	-0.0008117
11	9.528e-06	-0.0005404	0.0005499
12	-0.0005404	1.106e-06	-0.0005415
13	4.481e-06	-0.0002697	0.0002741
14	-0.0002697	7.663e-07	-0.0002704
15	2.307e-14	2.823e-12	-2.800e-12
16	2.823e-12	7.497e-14	2.748e-12
17	-4.481e-06	0.0002697	-0.0002741
18	0.0002697	-7.663e-07	0.0002704
19	-9.528e-06	0.0005404	-0.0005499
20	0.0005404	-1.106e-06	0.0005415
21	-1.378e-05	0.0008107	-0.0008245
22	0.0008107	-9.283e-07	0.0008117
23	-1.544e-05	0.001091	-0.001107
24	0.001091	-4.866e-07	0.001092
25	-2.541e-05	0.001368	-0.001394
26	0.001368	-2.815e-08	0.001368
27	-7.486e-05	0.001660	-0.001734
28	0.001660	3.355e-07	0.001659
29	-0.000	0.002056	-0.002056
30	0.002056	4.502e-07	0.002056
41	5.830e-05	0.0002200	-0.0001617
42	0.0002200	-4.059e-07	0.0002204
43	5.094e-05	7.859e-05	-2.765e-05
44	7.859e-05	-9.860e-08	7.869e-05
45	1.926e-05	4.675e-05	-2.749e-05
46	4.675e-05	3.341e-07	4.642e-05
47	1.478e-05	4.952e-05	-3.475e-05
48	4.952e-05	7.997e-07	4.872e-05
49	1.218e-05	4.677e-05	-3.459e-05
50	4.677e-05	1.092e-06	4.568e-05
51	7.625e-06	4.308e-05	-3.546e-05
52	4.308e-05	9.304e-07	4.215e-05
53	2.775e-06	3.993e-05	-3.716e-05
54	3.993e-05	2.669e-07	3.966e-05
55	-2.775e-06	-3.993e-05	3.716e-05
56	-3.993e-05	-2.669e-07	-3.966e-05
57	-7.625e-06	-4.308e-05	3.546e-05
58	-4.308e-05	-9.304e-07	-4.215e-05
59	-1.218e-05	-4.677e-05	3.459e-05
60	-4.677e-05	-1.092e-06	-4.568e-05
61	-1.478e-05	-4.952e-05	3.475e-05
62	-4.952e-05	-7.997e-07	-4.872e-05
63	-1.926e-05	-4.675e-05	2.749e-05
64	-4.675e-05	-3.341e-07	-4.642e-05
65	-5.094e-05	-7.859e-05	2.765e-05
66	-7.859e-05	9.860e-08	-7.869e-05
67	-5.830e-05	-0.0002200	0.0001617
68	-0.0002200	4.059e-07	-0.0002204